T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Dr. Fzt. Zilan BAZANCİR APAYDIN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı

DOKTORA TEZİ

ANKARA

2022

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Dr. Fzt. Zilan BAZANCİR APAYDIN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Tülin DÜGER

ANKARA

2022

ONAY SAYFASI

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Zilan BAZANCİR APAYDIN

Danışman: Prof. Dr. Tülin DÜGER

Bu tez çalışması 04.01.2022 tarihinde jürimiz tarafından ""Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	*Prof. Dr. Fatih ERBAHÇECİ*
	(Hacettepe Üniversitesi)
Üye:	*Prof. Dr. Zafer ERDEN*
	(Hacettepe Üniversitesi)
Üye:	*Prof. Dr. Seyit ÇITAKER*
	(Gazi Üniversitesi)
Üye:	*Prof. Dr. Nilgün BEK*
	(Lokman Hekim Üniversitesi)
Üye:	*Doç. Dr. Gürsoy COŞKUN*
	(Hacettepe Üniversitesi)

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

04 Şubat 2022

Prof. Dr. Müge YEMİŞCİ ÖZKAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. (2)
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

02/02/2022

Zilan Bazancir Apaydın

[1] *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*

*(1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*

*(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*

*(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

** Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.***

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Tülin DÜGER danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Zilan Bazancir Apaydın

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca her zaman desteğini hissettiğim, iş disiplinini örnek aldığım, bilim ışığında yetişmemi sağlayan ve yolumu her zaman aydınlatacağını bildiğim sayın danışman hocam Prof. Dr. Tülin Düger' e; bana mesleğimi öğreten ve sevdiren, sorduğu sorular ile farklı ve akıllıca düşünmeyi öğretip yeni ufuklar açan sayın hocam Prof. Dr. Seyit Çıtaker' e; doktora eğitimim boyunca akademik duruşunu, mükemmel kişiliğini örnek aldığım, bilgisini bizlerden asla esirgemeyen, akademik gelişimime yön veren sayın hocam Prof. Dr. Zafer Erden' e; protez-ortez ve biyomekanik alanında gelişmemde değerli katkıları olan, bilgisi, özgün yöntemleri ve devasa deneyimi ile yolumu aydınlatan, desteğini ve babacan tavırlarını her zaman yanımda hissettiğim sayın hocam Prof. Dr. Fatih Erbahçeci' ye; akademik yaşantımda büyük emeği olan sayın hocam Prof. Dr. F. Gül Yazıcıoğlu'na; ortez ve ayak rehabilitasyonunu bana sevdiren, bir hocadan öte bizlere anne şefkatiyle yaklaşan, yüreği güzel sayın hocam Prof. Dr. Nilgün Bek' e; tez savunma jürimde yer almayı kabul ederek tezime çok değerli katkılar sağlayan sayın hocam Doç. Dr. Gürsoy Coşkun' a; birlikte çalışmaktan çok büyük keyif aldığım, erken ortopedik rehabilitasyon ekibinin bir parçası olmaktan her zaman mutluluk duyduğum, her zaman yanımda olan sayın hocalarım Doç. Dr. Hande Güney Deniz, Doç. Dr. Gizem İrem Kınıklı ve sevgili dostlarım Dr. Fzt. Sibel Bozgeyik, Uzm. Fzt. Fırat Tan, Uzm. Fzt. Yusuf Topal' a; yüksek lisanstan beri aynı yollardan yürüdüğümüz, dostluğu ve abiliği ile her koşulda yanımda olan ve rehabilitasyon teknolojilerinde önemli adımlar atacağımızı bildiğim sevgili arkadaşım Uzm. Fzt. M. Gökhan Beydağı' na; skolyoz rehabilitasyonu alanında birlikte yol aldığım ve desteğini yanımda hissettiğim hocam Doç. Dr. Gözde Yağcı'ya; tatlı sohbetleri, dostlukları ve güzel kalpleriyle her zaman yanımda olan sevgili çalışma arkadaşlarım Dr. Fzt. Şulenur Yıldız, Uzm. Fzt. Elif Kırdı, Dr. Fzt. Pınar Kısacık, Uzm. Fzt. Yasin Ekinci, Uzm. Fzt. N. Tolgahan Yıldız'a; protez-ortez atölyemizin sevgili teknikerlerine, en büyük destekçim hayatımın anlamı sevgili annem, abim ve kardeşime; yanımda olmasa da bir yerlerden beni gördüğünü bildiğim sevgili babama; biricik kız kardeşlerim, dostlarım Meltem Koç, Fulden Sari ve Yasemin Akkubak' a; sevgili hastalarıma; görüntüleme merkezinin değerli çalışanlarına; destekleri ve katkılarından dolayı radyoloji uzmanı hocam Uzm. Dr. Karabekir Ercan'a ve her koşulda yanımda olan, beni cesaretlendiren, motivasyon ve mutluluk kaynağım sevgili eşime çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca TÜBİTAK 2211-A Yurtiçi Doktora Burs Programı kapsamında destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı' na içtenlikle teşekkür ederim.

ÖZET

Bazancir Apaydın Z., İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı, Doktora Tezi, Ankara, 2022. Çalışmamızda idiyopatik skolyozlu (İS) bireylerde eğrilik paternine göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (FMRG) ile değerlendirilmesi ve sağlıklı bireylerle karşılaştırılması amaçlandı. Bununla birlikte İS' li bireylerde kortekste meydana gelen fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olabilecek olası faktörlerin (gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman- mesafe karakteristikleri, statik- dinamik denge, kozmetik deformite algısı, yaşam kalitesi) belirlenmesi amaçlandı. Eğri paterni, yaş ve cobb açısına göre tabakalı randomizasyon yapılan 15 İS' li kadın birey (15.4±0.68 yıl) ile benzer yaş grubunda olan 5 sağlıklı kadın birey (14.6±0.8 yıl) dahil edildi. İS' li bireyler eğrilik paternine göre primer torasik (PT Grup), primer lumbar (PL grup) ve çift eğrilik (ÇE grup) olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Tüm bireylerin motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonları FMRG ile bilateral olarak değerlendirildi. Bireylerin skolyoza ait özellikleri, spinal koronal parametreleri, aksiyal gövde rotasyonu, gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri, statik-dinamik denge, kozmetik deformite algılaması ve yaşam kalitesi sonuçları kaydedildi. Değerlendirme sonucunda, skolyozlu bireylerde eğrilik paternine bakılmaksızın belirli bir motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun sağlıklı bireyler ile benzer olduğu ($p>0.01$) bulundu. Eğrilik paterninden bağımsız olarak, İS' de gövde fleksör ve ekstansör kas enduransının sağlıklı bireylere göre anlamlı şekilde azaldığı ($p=0.008$), ÇE grupta sağlıklı bireylere göre sol adım uzunluğunun anlamlı şekilde azaldığı ($p=0.008$), PT grupta diğer eğrilik paternine sahip bireyler ve sağlıklı bireylere göre, sol tek ayak üzerinde duruş süresinin anlamlı derecede azaldığı ($p=0.008$), eğrilik paternine bakılmaksızın dinamik denge parametrelerinden yer değiştirme miktarının İS' de sağlıklı bireylere göre daha fazla olduğu ($p=0.008$), deformite algısının ve yaşam kalitesinin eğrilik paternine göre değişmediği ($p=0.109$, $p=0.574$ sırasıyla) bulundu. Çalışmanın sonucunda İS' li bireylerde sağlıklı bireylere göre motor görev kortikal sinyallerde herhangi bir değişiklik olmadığı ve kortikal aktivasyonun eğrilik paternine göre farklılık göstermediği tespit edildi.

Anahtar kelimeler: Skolyoz, korteks, fonksiyonel MRG, yürüyüş, denge

Yazar doktora eğitimi süresince TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB) tarafından desteklenmiştir.

ABSTRACT

Bazancir Apaydın Z., Investigation of Factors Affecting Cortical Changes in Idiopathic Scoliosis, Hacettepe University Graduate School Health Sciences, Physical Therapy and Rehabilitation Program, PhD Thesis, Ankara, 2022. In the study, to evaluate the cortical activation in the contralateral hemisphere during motor task according to the curve pattern in individuals with idiopathic scoliosis (IS) with Functional Magnetic Resonance Imaging (FMRI) and to compare the results with healthy individuals. In addition, to determine possible factors (trunk muscle endurance, time-distance characteristics of gait, static-dynamic balance, perception of cosmetic deformity, quality of life) that may be associated with functional changes in the cortex in individuals with IS. A total of fifteen female individuals with IS (15.4±0.68 years) who underwent stratified randomization according to curve pattern, age, and cobb angle, and 5 healthy female individuals (14.6±0.8 years) in a similar age group were included. Individuals with IS were divided into 3 groups according to the curve pattern: primary thoracic (PT Group), primary lumbar (PL group), and double curve (DC group). Cortical activations of all individuals in the contralateral hemisphere during motor task were evaluated bilaterally with FMRI. Scoliosis characteristics, spinal coronal parameters, axial trunk rotation, trunk muscle endurance, time-distance characteristics of gait, static-dynamic balance, cosmetic deformity perception and quality of life results were recorded. As a result of the evaluation, it was found that cortical activation in the contralateral hemisphere during a motor task was similar to that of healthy individuals, regardless of the curve pattern in individuals with scoliosis. Regardless of the curve pattern, trunk flexor and extensor muscle endurance was significantly reduced in IS compared to healthy individuals (p=0.008), left stride length was significantly reduced in the DC group compared to healthy individuals (p=0.008), in the PT group significantly decreased the duration of stance on the left foot compared to other curve patern and healthy individuals (p=0.008), the amount of displacement from dynamic balance parameters was higher in IS compared to healthy individuals (p=0.008), cosmetic deformity perception and quality of life did not change according to the curve pattern (p=0.109, p=0.574, respectively). As a result of the study, it was determined that there was no change in motor task cortical signals in individuals with IS compared to healthy individuals, and cortical activation did not differ according to the curve pattern.

Key words: Scoliosis, cortex, functional MRI, gait, balance

The author has been supported by TÜBİTAK Science Fellowship and Grant Programmes Department (BİDEB) throughout her doctorate process.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI iv
ETİK BEYAN v
TEŞEKKÜR vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALAR xii
ŞEKİLLER xiii
TABLOLAR xiv
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 4
2.1. Skolyoz Tanımı ve Sınıflandırılması 4
2.2. İdiyopatik Skolyoz 4
2.3. İdiyopatik Skolyoz Epidemiyolojisi 5
2.4. İdiyopatik Skolyoz Etiyolojisi 5
2.4.1. Genetik 6
2.4.2. Biyomekanik 7
2.4.3. Biyokimyasal 8
2.4.4. Kemik Metabolizması 8
2.4.5. Santral Sinir Sistemi ve Nörofizyolojik Disfonksiyon 9
2.5. İdiyopatik Skolyozda Değerlendirme 10
2.5.1. Klinik Değerlendirme 10
2.5.2. Radyolojik Değerlendirme 12
2.6. İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikler 13
2.7. Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme 15
2.7.1. Fonksiyonel MRG' de Teknik Özellikler 18
2.7.2. Fonksiyonel MRG' de Çalışma Dizaynı 19
2.7.3. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Alanında F-MRG'nin Yeri 21
3. BİREYLER VE YÖNTEM 24
3.1. Bireyler 24

3.2. Yöntem 26
3.3. Klinik Değerlendirmeler 27
3.3.1. Demografik ve fiziksel özellikler 27
3.3.2. Aksiyal gövde rotasyonunun değerlendirilmesi 27
3.3.3. Dinamik ve statik dengenin değerlendirilmesi 27
3.3.4. Yürüyüşün Zaman-Mesafe Karakteristiklerinin Değerlendirilmesi 30
3.3.5. Gövde Kas Enduransının Değerlendirilmesi 30
3.3.6. Kozmetik Deformite Algılamasının Değerlendirilmesi 31
3.3.7. Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesi 32
3.4. Radyolojik Değerlendirme 33
3.4.1. Skolyoza Ait Özelliklerin Belirlenmesi 33
3.4.2. Fonksiyonel MRG ile Kortikal Aktivasyonun Değerlendirilmesi 34
3.5. İstatistiksel Analiz 37
4. BULGULAR 38
4.1. Demografik Özellikler 38
4.2. Skolyoza Ait Özellikler 39
4.3. Koronal Spinal Parametreler 40
4.4. Fonksiyonel MRG' ye Ait Aktivasyonların İncelenmesi 40
4.5. Gövde Enduransı Sonuçlarının Gruplar Arası Karşılaştırması 45
4.6. Yürüyüşün Zaman- Mesafe Karakteristiklerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması 47
4.7. Statik ve Dinamik Denge Parametrelerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması 49
4.8. Kozmetik Deformite Algılaması Değerlerinin Eğrilik Paternine Göre Karşılaştırılması 51
4.9. Yaşam Kalitesinin Eğrilik Paternine Göre Karşılaştırılması 52
5. TARTIŞMA 53
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 65
7. KAYNAKLAR 68
8. EKLER
Ek 1. Etik Kurul Onayı
Ek 2. Olgu Rapor Formu

Ek 3. Orjinallik Ekran Çıktısı

Ek 4. Dijital Makbuz

9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	**:** Yüzde
°	**:** Derece
AİS	**:** Adölesan İdiyopatik Skolyoz
BOLD	**:** Blood Oxygen Level-Dependent
EPI	**:** eko planar görüntüleme
FMRG	**:** Fonsiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
FOV	**:** Field of View
FWE	**:** Family- wise Error
GE- EPI	**:** T2 Ağırlıklı Tek Atımlı Gradient Eko Planar Görüntüleme
HCF	**:** Hemodinamik Cevap Fonksiyonu
İS	**:** İdiyopatik Skolyoz
kg	**:** Kilogram
MATLAB	**:** Matrix Laboratory
mm	**:** Milimetre
mm3	**:** Milimetreküp
MNI	**:** Montreal Neurologic Institute
MRG	**:** Manyetik Rezonans Görüntüleme
RF	**:** Radyofrekans
ROI	**:** Region of Interest
SC	**:** Signal Change
SGO	**:** Sinyal Gürültü Oranı
sn	**:** Saniye
SPM	**:** Statistical Parametric Mapping
SRS	**:** Skolyoz Araştırma Cemiyeti
SSEP	**:** Somatosensöriyel Uyandırılmış Potansiyeller
T	**:** Tesla
TR/TE	**:** Repetition Time / Echo Time
VKİ	**:** Vücut Kütle İndeksi
WRVAS	**:** Walter Reed Görsel Değerlendirme Skalası

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Hueter Volkmann prensibi	7
2.2.	AİS' de santral sinir sistemini etkileyen faktörler	14
2.3.	Fonksiyonel MR'da BOLD sinyallerin oluşumu	16
2.4.	Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme temel prensibi	17
2.5.	Hemodinamik cevap fonksiyonu	18
2.6.	Fonksiyonel MRG'de deneysel tasarım çeşitleri	21
3.1.	Çalışma akış şeması	26
3.2.	Skolyometre kullanılarak aksiyal gövde rotasyonunun ölçülmesi	27
3.3.	Fukuda- Stepping Test ve rotasyon açısının ölçümü	28
3.4.	Romberg denge testi	29
3.5.	Gözler kapalı tek ayak denge testi	29
3.6.	Yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinin değerlendirilmesi	30
3.7.	Gövde kas enduransının değerlendirilmesi	31
3.8.	Walter reed görsel değerlendirme skalası	32
3.9.	Skolyoza ait bazı radyolojik değerlendirmeler	33
3.10.	Koronal spinal parametrelerin ölçülmesi	34
3.11.	Fonksiyonel MRG çekimi için katılımcının hazırlanması	35
4.1.	PT grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları	42
4.2.	PL grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları	43
4.3.	ÇE grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları	44
4.4.	Kontrol sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları	45

TABLOLAR

Tablo		Sayfa
2.1.	İdiyopatik skolyozun sınıflandırılması	5
4.1.	İdiyopatik skolyozlu bireyler ve kontrol grubuna ait demografik özellikleri	38
4.2.	İdiyopatik skolyozlu bireylerin skolyoza ait özellikleri	39
4.3.	Eğri paternine göre grupların primer eğriye ait cobb açısı ve rotasyon derecesi	40
4.4.	Koronal spinal parametrelerin eğrilik paternine göre karşılaştırılması	40
4.5.	PT gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar	41
4.6.	PL gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar	42
4.7.	ÇE gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar	43
4.8.	Kontrol grubuna ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar	44
4.9.	Gövde enduransı sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması	46
4.**10.**	Gövde fleksör ve ekstansör endurans değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması	47
4.11.	Yürüyüşün zaman- mesafe karakteristiklerinin gruplar arası karşılaştırılması	48
4.12.	Sol adım uzunluğu değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması	49
4.13.	Statik ve dinamik denge parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması	50
4.14.	Sol tek ayak duruş süresi ve yer değiştirme mesafesi değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması	51
4.15.	Eğrilik paternine göre kozmetik deformite algılaması değerlerinin karşılaştırılması	51
4.16.	Eğrilik paternine göre yaşam kalitesi sonuçlarının karşılaştırılması	52

1. GİRİŞ

Skolyoz dünya çapında milyonlarca insanı etkileyen önemli sağlık problemlerinden biridir. Tüm skolyoz tipleri arasında en sık görülen idiyopatik skolyoz (İS), özellikle adölesan dönem kız çocuklarında yaygın olarak görülmektedir (1, 2). Adölesan dönemde görülen İS, omurganın lateral spinal eğriliğine aksiyal rotasyonun eşlik ettiği ve torasik omurgada kifoz kaybının görüldüğü bir spinal deformitedir (3).

Mevcut literatürde, adelosan idiyopatik skolyoz (AİS) prevalansının genel popülasyonda % 2- 3 olduğu bildirilirken, bu prevalansın etnik ve coğrafi özelliklere göre değişiklik gösterdiği de bilinmektedir (4). Ülkemizde 2020 yılında yapılan güncel epidemiyolojik bir araştırmaya göre, AİS prevalansının % 2.3 olduğu bildirilmiştir (5).

Geçmişten günümüze kadar yapılan birçok araştırmaya rağmen, İS' in etyopatogenezi tam olarak aydınlatılamamıştır. İS’ nin aksine nöromusküler veya konjenital skolyozun altında yatan mekanizmalar daha iyi anlaşılmıştır. İS’ nin etiyopatogenezini multifaktöriyel olarak tanımlanmakla birlikte, patomekanizması primer veya sekonder olarak skolyozun kendisine neden olabilirken, spinal eğrinin başlamasına ve/veya ilerlemesine katkıda bulunan patogenetik sürecin bir parçasını da oluşturabileceği ifade edilmiştir (6). İS etiyolojisi ile ilgili genetik, santral sinir sistemi, biyomekanik, metabolik, iskeletsel spinal büyüme, kemik metabolizması ve diğer faktörleri içeren çeşitli hipotezler ve konseptler önerilmiştir (7). Ancak skolyozun başlamasına yol açan kesin faktör veya faktörlerin kombinasyonu tam olarak bilinmemektedir.

İS’ de santral sinir sistemi ile ilişkili farklı nöromorfolojik ve nörofizyolojik anomalilerin olduğu bilinmektedir. AİS' li hastalarda anormal somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (8), statik ve dinamik postural instabilite, anormal proprioseptif fonksiyon (9) ile vizüo-okülomotor ve vestibüler disfonksiyon dahil olmak üzere çeşitli nörofizyolojik fonksiyonlarda bozukluklar tespit edilmiştir (10). Nöromorfolojik çalışmalarda ise beyin hacim oranları ve simetri indekslerinde farklılıkların olduğu (11-14), semisirküler kanal anormallikleri ile vestibüler sistem disfonksiyonunun bulunduğu (15, 16), spinal kord / vertebral yükseklik oranının azaldığı (17) ve spinal kordun pozisyonunun eğrinin konkav tarafına doğru kayma

eğiliminde (18) olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar, asenkron nöro-osseöz büyümenin AİS' e katkıda bulunduğu hipotezini de desteklemektedir (6).

Skolyozun üç boyutlu doğası gereği fiziksel ve biyomekanik olarak tüm anatomik düzlemlerde başın, gövdenin ve pelvisin yönelimlerini değişmektedir (19-21), bu durum vestibüler ve spinal kas dengesizliğine (22-24) ve proprioseptif bozukluklara (25) neden olabilir ve postüral stabiliteyi etkileyerek postüral kontrol problemlerine (26) yol açabilir (26-28). Ancak skolyozlu bireylerde görülen bu fiziksel problemlerin santral sinir sisteminin primer olarak etkilenmesinin sonucu mu olduğu yoksa periferik sistemde meydana gelen fiziksel problemlerin santral sinir sisteme yansıması mı olduğu tam olarak anlaşılamamıştır.

Non-invaziv beyin görüntüleme tekniklerindeki gelişmeler sayesinde kortekste meydana gelen yapısal ve fonksiyonel değişiklikler incelenebilmektedir. Ancak İS' li bireylerin santral sinir sisteminde birtakım değişiklikler olduğu güncel olarak kabul görmesine rağmen, bu değişiklikler ile ilişkili fiziksel faktörleri (denge, postüral kontrol, yürüyüş asimetrisi, propriosepsiyon vb.) araştıran çalışmalar kısıtlıdır. Skolyozda meydana gelen kortikal değişiklikleri etkileyebilecek fiziksel parametrelerin ortaya koyulması, yetersiz iyileşmenin altında yatan nedenleri açıklamada önemlidir. Ayrıca bu değişikliklerin anlaşılması, kortekste meydana gelen nöral plastisiteyi doğru yönlendirebilmek için kritik rol oynamaktadır. Güncel tedavi teknikleri arasından bu hastalar için en uygun nöro-rehabilitasyon odaklı tedaviyi seçmede bu faktörlerin yardımcı olacağı düşünülmektedir.

AİS' in etiyolojisi net olarak anlaşılmadığından, idiyopatik skolyoz için koruyucu ve/veya önleyici bir tedavi şu anda mevcut değildir. Mevcut tedaviler ise pragmatik temellidir ve uzun süreli korse kullanımı, egzersiz tedavileri ve/veya enstrümantasyon- spinal füzyon gibi invaziv yaklaşımları içermektedir. Beyin görüntüleme çalışmaları ile İS' de görülen nörolojik sistemlerin entegrasyonundaki bozukluk, skolyozun başlamasına ve/veya ilerlemesine primer ya da sekonder olarak katkıda bulunabilir. Bu sistemlerde tespit edilen anormalliklerin primer olarak etyopatogenetik faktör mü yoksa İS' ye sekonder olarak gelişen kompansatuvar bir cevap olup olmadığı henüz net değildir.

Çalışmamızda; İS' li bireylerde eğrilik paternine göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun FMRG ile

değerlendirilmesi ve sağlıklı bireylerle karşılaştırılması amaçlandı. Bununla birlikte İS' li bireylerde kortekste meydana gelen fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olabilecek olası faktörlerin (gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman- mesafe karakteristikleri, statik- dinamik denge, kozmetik deformite algısı, yaşam kalitesi) belirlenmesi amaçlandı.

Hipotezler:

H0: İdiopatik skolyozda, motor görev sırasında kontralateral hemisferde oluşan aktivasyonlar sağlıklı bireylerle benzerdir.

H1: İdiopatik skolyozda, motor görev sırasında kontralateral hemisferde oluşan aktivasyonlar sağlıklı bireylerden farklıdır.

H2: Eğrilik paternine göre, motor görev sırasında kontralateral hemisferde oluşan aktivasyonlar benzerdir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Skolyoz Tanımı ve Sınıflandırılması

Skolyoz omurga, toraks ve gövdenin şekil ve pozisyonunda meydana gelen değişiklikleri tanımlayan genel bir terimdir (29). Günümüzde skolyoz terimi sıklıkla spinal kolonun eğri boyunca frontal planda lateral deviasyonu, transvers planda vertebral rotasyonu, sagital planda torasik hipokifozun eşlik ettiği ve omurganın normal vertikal hattan saptığı üç boyutlu torsiyonel deformitesi olarak tanımlanır. Skolyoz teşhisi için hastaların ayakta duruş pozisyonunda çekilen posterior- anterior radyografide 10° ve üzerinde lateral spinal açılaşma ile aksiyal rotasyonun olması gerekir (30).

Skolyoz Araştırma Cemiyeti (*Scoliosis Research Society – SRS*) tarafından yapılan sınıflamada, skolyoz etiyolojik olarak strüktürel (yapısal) ve non- strüktürel (yapısal olmayan veya fonksiyonel) olmak üzere iki grupta incelenir. Fonksiyonel skolyoz, bilinen ekstraspinal nedenlere (alt ekstremitede kısalığı, kalça displazisi veya paraspinal kas tonus asimetrisi gibi) sekonder olarak gelişen spinal eğrilik olarak tanımlanır. Fonksiyonel skolyozda altta yatan neden ortadan kaldırıldığında, spinal eğrilik kısmen düzelir ya da tamamen ortadan kalkar (29). Yapısal skolyoz idiyopatik, nöromusküler, konjenital, sendromik ya da metabolik bozukluklara bağlı olarak görülebilir. Nöromusküler, konjenital, sendromik veya metabolik bozukluklara bağlı görülen skolyoz, vakaların %20'lik kısmını teşkil ederken, skolyoz vakalarının %80' ini idiyopatik olarak tanımlanan formu oluşturur (31). Etiyolojik teorilerle ilgili klinik ve deneysel çalışmalar, İS' in birçok olası nedeninin olabileceğini desteklemektedir.

2.2. İdiyopatik Skolyoz

İS, deformiteye neden olabilecek spesifik bir nedenin bulunamadığı progresif özellik gösteren yapısal eğrilikler olarak tanımlanır (32). İS' in neden olduğu spinal deformite multifaktöriyel etiyolojik sendroma ait bir bulgu olarak da tanımlanabilir (33-35).

Uluslararası Skolyoz Ortopedik ve Rehabilitasyon Tedavisi Bilimsel Topluluğu (*International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment – SOSORT*) tarafından oluşturulan rehbere göre, İS teşhis

yaşı, eğriliğin şiddeti ve eğrilik apeksinin lokalizasyonuna göre sınıflandırılır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. İdiyopatik skolyozun sınıflandırılması

Teşhis yaşı		Eğriliğin şiddeti		Eğriliğin apeksi	
0-2 yaş	İnfantil	Düşük	20° kadar	Servikal	C6-7
3-9 yaş	Jüvenil	Orta	21°-35°	Servikotorakal	C7-T1
10-17 yaş	Adölesan	Orta- şiddetli	36°- 40°	Torakal	T1-2/T11-12
18+ yaş	Yetişkin	Şiddetli	41°-50°	Torakolumbar	T12-L1
		Şiddetli- çok şiddetli	51°-55°	Lumbar	L1-2
		Çok şiddetli	56° +		

İnfantil skolyoz, İS' in %1' inden azını oluştururken, jüvenil İS %12- 21' ini oluşturur. Adölesan İS ise en sık karşılaşılan skolyoz çeşidi olup, İS' in %80' ini temsil eder (32). Eğriliğin apeksine göre İS sınıflandırıldığında, yaygın olarak torasik eğriler görülmektedir (%47.5), bunu torakolumbar/lumbar (%40.1) ve çift torasik eğriler (%3.2) izlemektedir (36).

2.3. İdiyopatik Skolyoz Epidemiyolojisi

Mevcut literatürde göre, AİS prevalansının genel popülasyonda %2-3 arasında olduğunu bildirilmektedir (4). Prevalansın etnik ve coğrafi enlemlere göre değiştiği, yüksek kuzey enlemlerinde bulunan bölgelerde düşük enlemlere göre daha yaygın olduğu bilinmektedir (37). Ülkemizde yapılan güncel araştırmalarda AİS prevalansının % 2.3 olduğu bildirilmiştir (5).

İS prevalansı yaş, cinsiyet ve eğrilik şiddetine göre farklılık göstermektedir. Skolyoz prevalansı kızlarda erkeklere göre daha yüksek iken, eğrilik şiddetine göre incelendiğinde, 10°- 20° arasında skolyoz prevalansının kız erkek oranı benzerken (1.3:1), 20°- 30° arasında kızlarda erkeklere oranla 5.4 kat (5.4:1), 30° üzerindeki eğriliklerde ise bu oranın 7 kat daha fazla olduğu (7:1) rapor edilmiştir (38, 39).

2.4. İdiyopatik Skolyoz Etiyolojisi

Günümüzde klinik ve epidemiyolojik araştırmalara rağmen, İS' in etyopatogenezi ile ilgili hala çok fazla cevapsız soru bulunmaktadır. İS' in aksine

nöromusküler veya konjenital skolyozun altında yatan mekanizmalar daha iyi anlaşılmıştır. İS' in etiyopatogenezi multifaktöriyel görünmektedir. İS' in patomekanizmaları primer veya sekonder olarak skolyozun kendisine neden olabilirken, spinal eğrinin başlamasına ve/veya ilerlemesine katkıda bulunan patogenetik sürecin bir parçasını da oluşturabilir (6). İS etiyolojisi ile ilgili genetik, santral sinir sistemi, biyomekanik, metabolik, iskeletsel spinal büyüme, kemik metabolizması ve diğer faktörleri içeren çeşitli hipotezler ve konseptler önerilmiştir (7). Ancak skolyozun başlamasına yol açan kesin faktör veya faktörlerin kombinasyonu tam olarak bilinmemektedir.

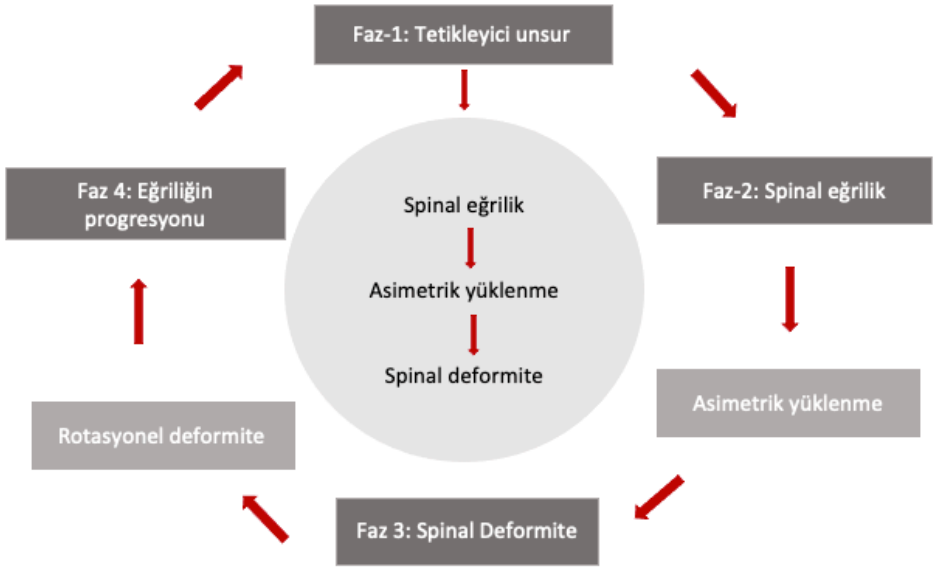
2.4.1. Genetik

İS' in genetik bir bileşene sahip olduğu çeşitli araştırmalar ile gösterilmesine rağmen, günümüzde genetik alt yapısı hala tam olarak aydınlatılamamıştır. Skolyoz ve genetik özelliklerine ilişkin yapılan bir meta-analizde di-zigot ikizlerin %36' sında, mono-zigotik ikizlerin ise %73' ünün İS ile uyumlu genetik özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (40). Soyağacı çalışmaları ile otozomal dominant, maternal faktörler, çoklu gen kalıtımı, X' e bağlı dominantlık ve multifaktöriyel kalıtım olmak üzere farklı genetik özelliklerin olduğu belirlenmiştir (41, 42). Geniş bir soyağacı çalışmasında (778 birey, 101 aile), şiddetli İS formlarının, cinsiyete bağlı penetransı tam olmayan otozomal dominant major gen ile uyumlu olduğu bulunmuştur (41). Ancak, günümüzde yapılan çalışmaların çoğu, İS 'in klasik Mendel kalıtım modelini takip etmediği sonucuna vararak, İS' e neden olabilecek spesifik bir gen lokasyonu belirlemede başarısız olmuştur (43-45). Bu nedenle, AİS' in kalıtımsal özelliklerine ilişkin son görüşler, önemli genetik heterojenliğe sahip karmaşık poligenik modeli desteklediği öngörülmektedir.

İS kalıtımının karmaşık poligenik modeli bağ dokusu yapısı, kemik metabolizması, melatonin sinyal yolakları ve melatonini kodlayan genler, östrojen reseptörleri ve aksonal yollar ile ilgili genlerin çalışılmasını içermektedir (46). Bu genlerin bazıları İS' e ait eğrinin şiddeti ile ilişkilendirilmiştir, ancak bugüne kadar bu genler ile İS' in başlaması arasında ilişki tam olarak açıklanamamıştır (47, 48).

2.4.2. Biyomekanik

Skolyozun başlamasına ve/veya progresyonunun artışına ilişkin bazı biyomekaniksel teoriler öne sürülmüştür. Hueter Volkmann prensibi olarak da bilinen Kısır Döngü (*Vicious Cycle*) teorisine göre, İS progresyonunda, konveks tarafa kıyasla, konkav taraf vertebral epifiz plaklarında meydana gelen asimetrik yüklenme, kompresyon stresi altında kalan konkav tarafta kemik maturasyonunu engellemektedir. Bu durum koronal planda vertebral kamalaşmayı uyararak, eğriliğin şiddeti arttıkça asimetrik yüklenme cevabını da arttırıp kısır döngüye neden olmaktadır (49, 50) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Hueter Volkmann prensibi (Vicious Cycle)

Biotensegrity teorisine göre, kompresif komponentini iskelet sisteminin (kemik, eklem, intervertebral disk); gerilim komponentini ise kas, tendon, ligament ve fasyanın oluşturduğu bir tensegrity modeli düşünülür. Büyüme döneminde, spinal kolonun gelişmesi ile birlikte bu yapılar farklı yönlere doğru uzar ve yeniden şekillenir. Bu uzama ve yeniden şekillenme döneminde, İS' li bireylerde kemik gelişimi ile kas maturasyonu arasında senkronizasyon bozulur. Bozulan bu senkronizasyon, gerilim ve kompresif yüklenmeleri değiştirerek, hem vertebral kemik

mineral yoğunluğunu azaltır hem de yetersiz ligament uzamasına neden olur. Spinal kolonun gelişimi sırasında meydana gelen bu asenkronizasyon, omurganın koronal planda deviasyonuna ve aksiyal rotasyonuna neden olur (51).

2.4.3. Biyokimyasal

Son yıllarda, çeşitli hormonlar ve metabolik faktörler skolyoz başlangıcı ve gelişimi ile ilişkilendirilmiştir. Melatonin eksikliği ile İS arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır, ancak osteoblastları etkileyen bir melatonin sinyal yolak disfonksiyonunun olduğu görüşü öne sürülmüştür (52, 53). İS' li bireyler sağlıklı kontroller ile karşılaştırıldığında platelet kalmodulin seviyesinin arttığı (54), paraspinal kaslarda kalmodulinin asimetrik dağılım gösterdiği ve konveks tarafta kalmodulin düzeyinin yüksek olduğu gösterilmiştir (55). Platelet kalmodulin seviyesinin eğriliğin progresyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (54).

D vitamini eksikliği osteopeni ve osteoporoz ile ilişkilendirilmiştir ve güncel bir çalışmada, AİS' li hastalarda D vitamini düzeylerinin düşük olduğu ve Cobb açısı ile negatif korelasyon gösterdiği bulunmuştur (56). Anormal vücut yapısı da AİS ile ilişkilendirilmiş, AİS hastaları sağlıklı kontrollere kıyasla daha düşük vücut ağırlığı ve beden kütle indeksine sahip olduğu belirtilmiştir (57). Kapsamlı bir prospektif çalışmada, leptin seviyesi, yağsız vücut kütlesi ve yağ kütlesindeki azalmaların artmış skolyoz riski ile ilişkili olduğu bulunmuştur (58). AİS' de gözlenen bazı anormal fenotiplerden leptin ve solubl leptin reseptörünün sorumlu olduğu öne sürülmüştür (59).

2.4.4. Kemik Metabolizması

AİS' li kadınların %36- 38'inin osteopenik olduğu (Z-skoru< -1) rapor edilmiştir ve araştırmalar sonucunda osteopeninin AİS ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (60, 61). Ayrıca, osteopeni AİS' de eğriliğin ilerlemesinde önemli bir prognostik faktör olabileceği bildirilmiştir (62). Diğer çalışmalar, kemik metabolizmasını etkileyen anormalliklerin (osteocalcin, osteopontin, receptor activator of NF-κB ligand, Matrilin-1 ve Cartilage oligomeric matrix protein gibi biyo-belirteçler) İS' e neden olabileceğini belirtmişlerdir (6, 63, 64).

İS' li bireylerde fiziksel aktivite ve mekanik yüklenme yetersizliği, D vitamini eksikliği ve kemik mineral turnoverini etkileyebilecek genetik faktörlerin düşük kemik mineral dansitesine neden olabileceği belirtilmektedir. AİS' li bireylerin pubertal dönemde fiziksel aktivite düzeyinin düşük olduğu ve bunun kemik mineral dansitesi ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (65). AİS' li bireylerin serum 25 (OH) Vitamin-D seviyelerinin sağlıklı kontrol grubuna göre daha düşük olduğu ve düşük vitamin D seviyelerinin Cobb açısı ile negatif yönde ilişkili olduğu gösterilmiştir (56, 66).

Pubertal dönemde, osteopenik hastalarda düşük kemik kütlesi ve düzensiz kemik kalitesi mekanik olarak spinal kolonun zayıflamasına neden olabileceği gibi skolyozun gelişimi ve ilerlemesi için de omurganın daha kırılgan hale gelmesine neden olabilir (7).

2.4.5. Santral Sinir Sistemi ve Nörofizyolojik Disfonksiyon

İS' in etiyopatogenezinde santral sinir sistemine ait çeşitli fonksiyonel ve morfolojik anormallikler belirlenmiştir. İS' li hastalarda anormal somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (8), statik ve dinamik postüral instabilite, anormal proprioseptif fonksiyon (9), vizüo-okülomotor ve vestibüler disfonksiyon gibi nörofizyolojik disfonksiyonlar tespit edilmiştir (10).

AİS' li hastaların, motor kontrol, vestibüler ve somatosensoriyel sistemleriyle ilişkili anormalliklerin olduğu, kortikal hacim oranlarında ve simetri indekslerinde farklılıkların bulunduğu bilinmektedir (11-14). Çalışmalar ayrıca semisirküler kanal anormallikleri de dahil olmak üzere vestibüler sistemin İS etyopatogenezi ile ilişkili olabileceğini veya İS gelişiminde kompansatuvar bir cevap olabileceğini göstermiştir. Bu durum muhtemelen İS' li hastalarda mevcut olabilecek anormal somatosensoriyel fonksiyonu ve zayıf postüral kontrolü açıklayabilir (15, 16).

İS ile ilişkili nöromorfolojik anormallikler hem beyin hem de spinal kord ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. AİS' lı hastalarda spinal kord ve vertebral yükseklik oranı azalmıştır (17). Spinal kordun pozisyonu, eğrinin konkav tarafına doğru kayma eğilimindedir (18). Bu sonuçlar, asenkron nöro-osseöz büyümenin AİS gelişimine katkıda bulunduğu hipotezini desteklemektedir (6).

2.5. İdiyopatik Skolyozda Değerlendirme

İdiyopatik skolyozlu bireylerde kesin tanının konulmasında ve altta yatan nedenlerin anlaşılmasında ayrıntılı hikâyenin alınması, kapsamlı bir klinik değerlendirmenin yapılması ve radyolojik incelemeler ile tanının doğrulanması önemli bir yere sahiptir.

2.5.1. Klinik Değerlendirme

Detaylı bir fizik muayene skolyoz tanısında ve omurga deformitesine neden olabilecek nedenlerin ortadan kaldırılmasında esastır. Kapsamlı bir hikâye alınmalı, şikayetler özenle dinlenmeli, hastaların özgeçmiş ve soy geçmiş özellikleri kaydedilmelidir. Büyüme hızını takip etmek için hastaların boy ölçümleri yapılmalı ve bir büyüme çizelgesi oluşturulmalıdır.

Klinisyenler sendromik özellikleri (Marfan, Ehlers-Danlos, VACTERL sendromu, nörofibromatozis gibi) ve ilişkili deformiteleri iyi değerlendirmelidir. Plajiyosefali, kulak anomalisi veya tortikolis varlığı infantil idiyopatik skolyozu; cafe´ au lait lekeleri, intradermal fibromlar ve koltuk altı çilleri gibi cilt belirtileri nörofibromatozisi; alt sırtta sakral gamze, lokalize tüylenme veya lipom nöral tüp kapanma defektlerini (miyelomeningosel); pes kavus varlığı sensörimotor anormalliği (Charcot-Marie-Tooth Hastalığı veya spinal tümör) düşündürebilir (67). Üst ekstremite kulaç uzunluğunun boy uzunluğuna oranı artmış hastalarda, kardiyak ve oftalmolojik muayene de dahil olmak üzere Marfan sendromu açısından incelenmelidir. Artmış eklem laksitesi ve hiperelastik cilt varlığı, Ehlers-Danlos sendromu gibi bir bağ dokusu bozukluğuna işaret edebilir. Duyu ve refleks değerlendirmeleri ile kas testindeki anormal cevaplar siringomyeli ile ilişkili nöral disfonksiyonu gösterebilir. Bir bağ dokusu bozukluğundan şüpheleniliyorsa, genetik ve kardiyak değerlendirme için konsültasyon uygundur (68).

Üst ve alt ekstremitelerin duyusal, motor ve refleks değerlendirmelerinin yanı sıra kraniyal sinir muayenesini de içeren tam bir nörolojik muayene yapılmalıdır. Torasik omurgadaki olası nöral anormallikleri değerlendirmek için abdominal refleks bakılmalıdır. Chiari malformasyonu olan bazı hastalarda karın refleksinin alınamadığı görülmektedir (69).

Muayenede skolyozun klasik bulguları omuz ve/veya skapular asimetri, Adam's öne eğilme testinde kaburga belirginliği ile bel ve/veya gövde asimetrisi dikkatle incelenir (68). Adam's öne eğilme testinde yanlış pozitif bulguya neden olabilecek alt ekstremite eşitsizliği açısından hastalar değerlendirilmelidir. Alt ekstremite eşitsizliği hem klinik hem de radyolojik olarak test edilmeli ve hastaların muayenesi oturur pozisyonda gerçekleştirilmelidir. Bacak boyu eşitsizliğinden kaynaklanan spinal eğrilikler, oturma ya da ayakta duruş pozisyonunda hastaların bir takviye kullanımı ile azalır ya da tamamen ortadan kalkar (67, 68). Adam's öne eğilme testi ile gövdenin aksiyal rotasyon miktarı bir skolyometre yardımıyla ölçülebilir.

Adam's öne eğilme testi, Cobb açısı 20 dereceden fazla olan hastalarda torasik skolyoz için %92 - %100 duyarlılığa sahiptir (70). Skolyometre ile radyografik kesim noktası (*cut-off*) değerleri 5°- 7° gövde rotasyonu arasında değişmektedir (71-74). Skolyometreden elde edilen değer, primer olarak Cobb açısını yansıtmamakla birlikte, normal kilolu bireylerde 7°' lik bir rotasyon yaklaşık 20°' lik bir Cobb açısına karşılık gelir. Cobb açısı 10°' den büyük bir eğrilik için, 7°' lik gövde rotasyonu kesim noktası değeri olarak kullanıldığında, skolyometrenin duyarlılığı ve özgüllüğü sırasıyla yaklaşık %83 ve %87'dir; 5°' lik bir eşik kullanıldığında duyarlılık %100'e yükselir, ancak özgüllük %47' ye düşer (75). Vücut kütle indeksi 85. persentil ve üzerinde olan hastalarda 5° gövde rotasyonu alt sınır olarak kullanılmalıdır (73). Skolyometrenin kişiler arası güvenirliği "mükemmel", ölçümler arası güvenirliğinin "çok iyi" olduğu bilinmektedir (76).

İskelet maturasyonunun değerlendirilmesi, skolyozun ilerleme riskini tahmin etmede kritik öneme sahiptir. Skolyozun ilerleme olasılığı ile ilişkili olan büyüme hızı seri boy ölçümleriyle değerlendirilebilir. Kızlarda en hızlı büyüme dönemi menarştan bir yıl önce gerçekleşir. Seri boy verileri mevcut değilse, kemik yaşını tahmin etmek için radyografi kullanılır. Falankslara ait büyüme plaklarının görünümünü ve eğriliğin büyüklüğünü değerlendiren bir iskelet maturasyon derecesi geliştirilmiştir (77). Cobb açısı 30°' den azsa ve hasta iskelet maturasyonuna ulaştıysa (kemik yaşı kızlarda 15 yaş; erkeklerde 17 yaş veya falanks ve metakarplarda büyüme plaklarının füzyonu) eğriliğin ilerlemesi nadirdir (77).

2.5.2. Radyolojik Değerlendirme

Radyolojik görüntüleme yöntemleri skolyozun değerlendirilmesinde ve altta yatan nedenlerin anlaşılabilmesinde kritik bir rol oynar. Skolyoz şüphesi olan hastaların ilk radyografik değerlendirmesi, ayakta çekilen posterior-anterior ve tüm omurganın lateral radyografisi ile kalça eklemlerini içeren 90x35 cm' lik film kasetlerini içerir. PA radyografi meme ve tiroid dahil olmak üzere organların maruz kaldığı radyasyon riskini en aza indirir. PA radyografilerde, eğriliğin büyüklüğü olarak tanımlanan Cobb açısı değerlendirilir; eğriliğin apeksi, eğrilik paterni, pedikül simetrisi, kemik maturitesi ve alt ekstremite uzunluk farkı tespit edilir. Mevcut olabilecek kosta ve/veya vertebral malformasyonlar belirlenebilir. Lateral grafide torakal kifoz ve lumbar lordoz fizyolojik sınırları tayin edilebilir ve sagital planda meydana gelen sapmalar ölçülebilir. Ayrıca lateral grafiler aracılığıyla spondilolizis ve spondilolistezis tespit edilebilir (78).

Eğriliğin büyüklüğü ya da şiddetini değerlendirmede kullanılan Cobb yöntemi, altın standart olarak kabul edilmektedir. Cobb açısı manuel ya da dijital olarak değerlendirilebilir. Günümüzde bilgisayar yazılımları aracılığıyla dijital ölçümler yapılmaktadır. Spinal eğriliğe katılan üst uç vertebranın üst kenarı ile alt uç vertebranın alt kenarına paralel olarak çizilen çizgiler arasındaki değer, Cobb açısı olarak tanımlanmaktadır. Cobb açısının 10^0'nin üzerinde olması skolyoz olarak tanımlanırken, 10^0'nin altındaki eğrilikler spinal asimetri olarak değerlendirilir (79). Cobb açısı ölçümünün değerlendiriciler arasında 5° ila 10° aralığında değişkenlik gösterdiği, Cobb açısı değerlendirmesinde toplam 2° ila 7°'lik hatanın, radyografik çekimlerdeki varyasyonlardan ve ölçüm hatasından kaynaklandığı rapor edilmiştir (80-82).

Radyografi üzerinden değerlendirilen bir diğer ölçüm apikal vertebral rotasyondur. Apikal vertebral rotasyon miktarı, Nash-Moe, Raimondi ya da Perdriolle gibi radyolojik yöntemlerle değerlendirilir. Frontal plandaki pedikül konumunun vertebral rotasyonunun bir göstergesi olarak kullanıldığı Nash-Moe yönteminde, eğriliğin konveks tarafındaki apeks vertebra üç segmente bölünür ve segmentlerdeki pedikül konumuna göre rotasyon derecesi belirlenir (83).

Raimondi yönteminde apikal vertebranın gövdesinin en dar noktasından bir çizgi çizilir, konveks taraftaki pedikülün orta noktası yatay bir çizgi ile işaretlenir ve

konveks taraftaki pedikülden çizilen çizgiden rotasyon açısı ölçülür (84). Pedriolle metodunda ise pedriolle spinal torsiyometre ile radyografi üzerinden ölçüm yapılır (85, 86).

Son zamanlarda, hastaların ayakta duruş pozisyonunda tek bir tarama ile omurganın hem frontal hem de sagital planda elde edilen görüntüleri birbiri üzerine eklemek zorunda kalmadan yakalayabilen düşük dozlu bir radyografik sistem (EOS görüntüleme, Paris, Fransa) tanıtılmıştır. Ayakta duruş pozisyonunda toplam vücut tarama süresi 10 ila 15 saniye arasında değişmektedir. Tüm bu vücut görüntüsünden, parlaklık ve kontrast optimize edilebilir ve geleneksel x-ray çekimlerinde olduğu gibi belirli bir lokalizasyon istenildiği şekilde yakınlaştırılabilir (87, 88).

Skolyozun ileri değerlendirilmesinde ve cerrahi planlamada bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemleri kullanılmaktadır. BT rutin olarak kullanılan bir tetkik olmamakla birlikte, konjenital anormallikleri değerlendirmek veya şüpheli tümör nedenini araştırmak amacıyla BT taraması kullanılabilir (67).

Erken başlangıçlı skolyoz ile başvuran hastalarda kifotik apeks, klinik olarak belirgin ağrı şikâyeti, anormal nörolojik bulgular, nörofibromatoz veya orta hat kutanöz anomalilerin varlığında MRG endikasyonu bulunmaktadır. Bu durumların varlığı dışında AİS' li hastalarda rutin olarak MRG uygulanmamaktadır (89). On yaşından önce skolyoz başlangıcı olan hastaların yaklaşık %20' sinde gizli intraspinal anormalliler görülebilmektedir (90), bu yaş grubunda eğri şiddetinin 20° ve üzerine çıkması durumunda kranioservikal bileşkeden sakruma kadar olacak şekilde spinal MRG önerilir (68).

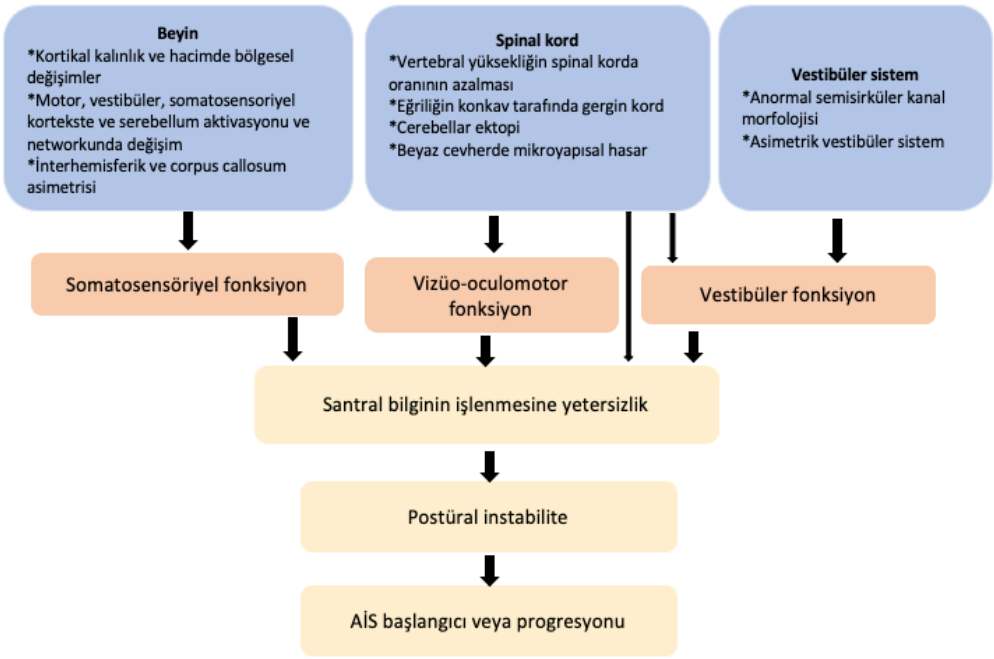
2.6. İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikler

Beyin görüntüleme çalışmaları sayesinde günümüzde İS' li hastalarda santral sinir sistemini etkileyen çeşitli nöromorfolojik ve nörofizyolojik değişikliklerin olduğu tespit edilebilmektedir.

İS' li hastalardaki anormal nörofizyolojik sonuçlar statik- dinamik postural instabiliteyi, anormal proprioseptif işlevi, görsel-okülomotor ve vestibüler disfonksiyon ile belirtilen işlev bozukluklarının kombinasyonlarını içerir (9, 10). İS' li bireylere ait somatosensoriyel-uyarılmış potansiyellerin (SEP- bir uyarıya karşı

nöronların ürettiği elektriksel sinyaller) uzamış ve asimetrik latans gösterdiği bilinmektedir (8).

İS ile ilişkili anormal nöromorfolojik değişiklikler hem beyin hem de spinal kordu etkilemektedir. AİS' li hastalarda spinal kordun vertebral uzunluğa oranı azalmıştır (17). Bu bireylerde, spinal kordun pozisyonu, eğriliğin konkav tarafına doğru kayma eğilimindedir, bu durum eğriliğin apeksinde spinal kordun etkilenmesine neden olabilmektedir ve altta yatan serebellar tonsil ile ilişkilendirilmektedir (91). Bu durum asenkron nöro-osseoz büyüme hipotezini de destekleyen bir sonuçtur. Bu bağlamda, daha yavaş büyüyen spinal kord ve nöral köklere göre torasik osseoz dokudaki aşırı anterior spinal büyüme, spinal eğriliğin apeksinde torsiyon ile lordoskolyotik deformiteye yol açabilmektedir. Bu hipotez aynı zamanda, azalan fraksiyonel anizotropi değerleri (beyin sapı ve üst servikal spinal kord içindeki bağlantının bir ölçüsü) ile AİS' li hastalardaki mikro nöral hasar ve subklinik nörofizyolojik değişikliklerle de uyumludur (92). Fraksiyonel anizotropideki azalma, santral sinir sisteminin beyaz cevher yolaklarının bütünlüğünün bozulmasını veya hasar görmesini yansıtabilir (Şekil 1.2).



Şekil 2.2. AİS' de santral sinir sistemini etkileyen faktörler (6)

İS' li bireylerin beyin sapı ve korpus kallozum dahil olmak üzere, daha fazla bölgesel beyin hacim farkına sahip olduğu rapor edilmiştir (93). Korpus kallozum iki boyutlu olarak difüzyon tensör görüntüleme ile incelendiğinde, kullanılan fraksiyonel anizotropinin, İS' li hastalarda sağlıklı bireylere göre daha farklı olduğu bulunmuştur (12, 13). Ayrıca AİS' li hastaların sağlıklı bireylere göre, hemisferler arası asimetri indeksinin daha yüksek olduğu (11) ve hemisferler arasındaki yapısal bağlantının azaldığı belirlenmiştir (94).

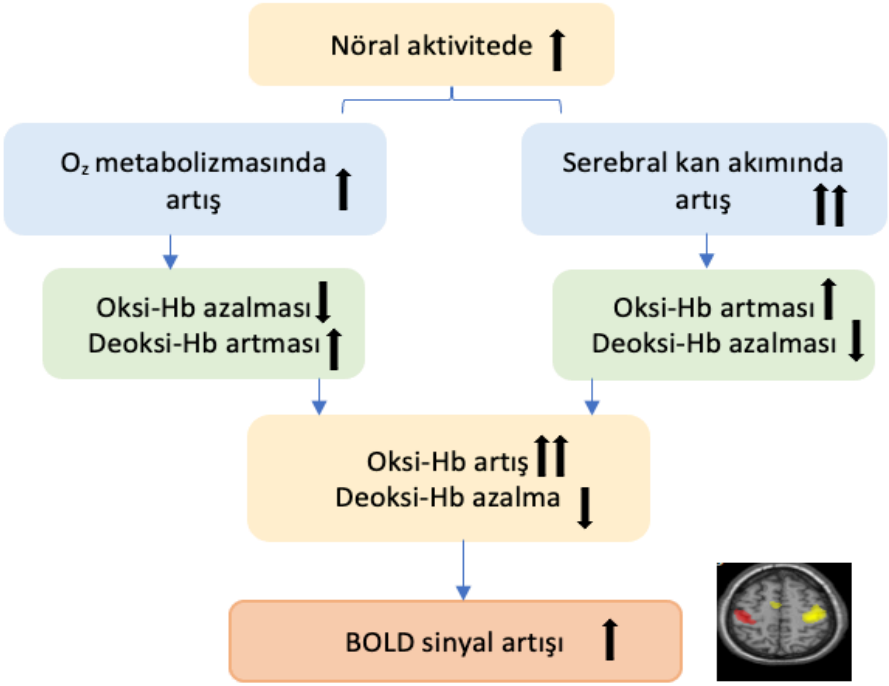
AİS' li bireyler sağlıklı bireyler ile karşılaştırıldığında, serebral kortikal kalınlık, fokal kortikal kalınlık ve bölgesel serebellar hacim açısından önemli farklılıkların olduğu bulunmuştur (14, 95). AİS' li hastalarda hareket aktivasyonu sırasında, sekonder motor alanlarda anormal beyin aktivasyon paternleri gözlemlenmiştir ve buna birkaç kortikal bölgede artan anormal bağlantı eşlik etmiştir (11). Genel olarak, İS' li hastalarda kortikal anomali görülen beyin bölgeleri, motor kontrol, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerde yer alan fonksiyonel sahalar ile örtüşmektedir. İS' li hastalarda ayrıca vestibular sistem anormalliklerinin olduğu da bilinmektedir (15, 16). Bu durum İS' li hastaların zayıf postüral kontrol ve anormal somatosensoriyel fonksiyonunu açıklayabilir (6).

İS' de görülen nörolojik sistem entegrasyonundaki bozukluk, skolyozun başlamasına ve/veya ilerlemesine katkıda bulunabilir. Bu sistemlerde tespit edilen anormalliklerin primer olarak etyopatogenetik faktör mü yoksa İS' e sekonder olarak gelişen kompansatuvar bir cevap olup olmadığı henüz net değildir.

2.7. Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme

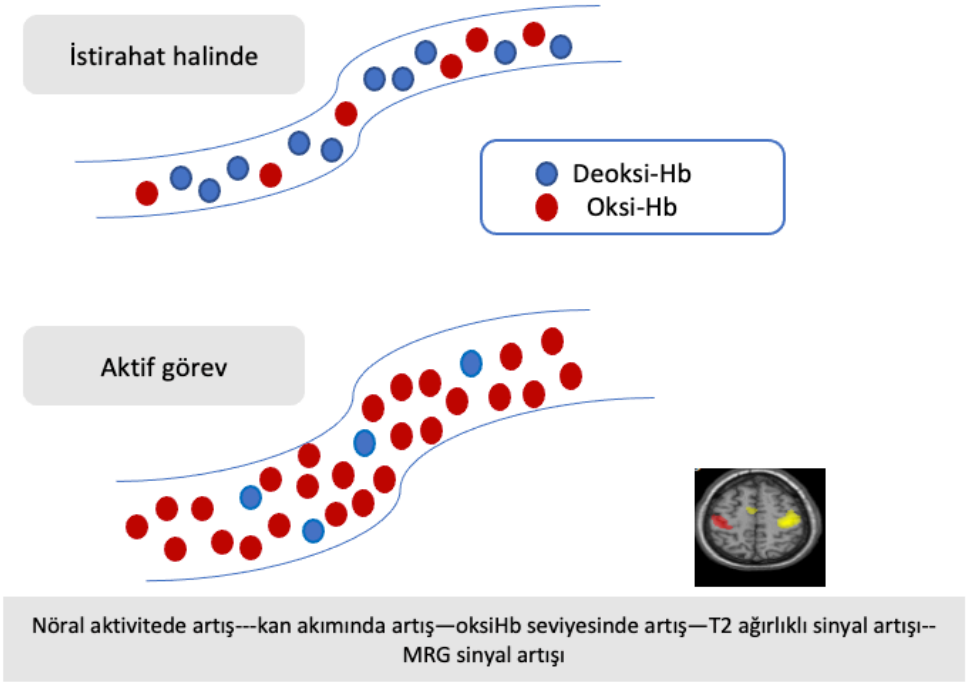
Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (F-MRG) beyin görüntüleme teknolojileri arasında önemli bir yer tutmaktadır. F-MRG' nin temeli 1990'lı yıllarda Ogawa ve Kwong tarafından yapılan çalışmalara dayanmaktadır (96, 97). Kortikal nöral aktivite sırasında artan bölgesel kan akımı kapiller ve venöz oksijenizasyonda değişikliklere neden olmaktadır. Vasküler oksijenizasyonda meydana gelen lokal hemodinamik değişiklikler, non-invaziv bir görüntüleme yöntemi olan F-MRG tarafından algılanır ve nöral aktivasyon indirekt olarak ölçülür (98, 99). Değerlendirilen kortikal sahanın çeşitli görevler ile uyarılması gerekir. Bu nöral uyarım, sinaptik aktiviteyi artırarak beynin ilgili fonksiyonel sahasında enerji ve

oksijen ihtiyacının artmasına neden olur. Oluşan bölgesel hemodinamik değişiklikler F-MRG ile yüksek uzaysal doğrulukta ölçülebilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Fonksiyonel MR'da BOLD sinyallerin oluşumu (100)

F-MRG' de kullanılan, kan oksijen seviyesine bağımlı (*Blood-oxygen-level-dependent- BOLD*) teknik, oksijene (oksi-Hb) ve deoksijene hemoglobinin (deoksi-Hb) farklı manyetik özelliklerinden faydalanarak görüntü kontrastı oluşturma temeline dayanır. Paramanyetik deoksi-Hb manyetik alanda lokal alan inhomojenitesi oluşturarak T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal kaybına yol açarken, diamanyetik oksi-Hb eksternal manyetik alanla etkileşimde bulunmaz. Paramanyetik deoksi-Hb, T2 ağırlıklı görüntülerde güçlü manyetik alan inhomojenitesi oluşturarak, hızlı faz kaybına neden olur. Dolayısıyla T2 ağırlıklı görüntülerde vasküler yapılar içeren voksellerde sinyal yoğunluğunu azaltır. Diamanyetik oksi-Hb, eksternal manyetik alanla etkileşmediğinden, daha yavaş faz kaybına neden olur. Dolayısıyla T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal yoğunluğunu artırır (101)(Şekil 2.4).

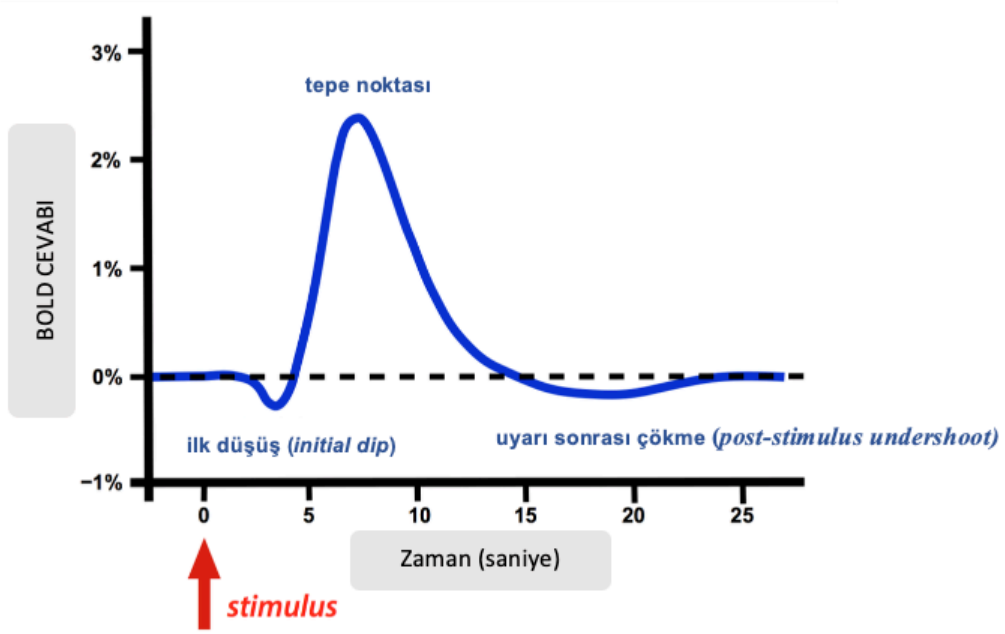


Şekil 2.4. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme temel prensibi (101)

Dinlenme halindeyken, bölgesel serebral kan akımı ile glukoz ve oksijenin bölgesel serebral metabolik hızları arasında yakın bir ilişki vardır. Nöronal aktivasyon, bölgesel serebral kan akımında %50' lere varan bir artışla sonuçlanır. Nöronal aktiviteye bağlı F-MRG BOLD sinyalinde meydana gelen değişikliğe hemodinamik cevap (HDC) denir. HDC, hemodinamik cevap fonksiyonu (HCF) ile ifade edilir. HCF, uyarı sonrası yaklaşık 5- 6 saniyede zirveye ulaştıktan sonra, yaklaşık 12 saniye sonra bazal seviyeye ulaşır. Kısa bir süre bazal seviyenin de altına iner ve uyarı sonrası 25- 30 saniyede bazal seviyeye tekrar ulaşarak sonlanır (102-104).

Spesifik nöronal uyarım lokal serebral oksijen tüketimini arttırarak, fonksiyonel alanda önce oksi-Hb' de azalmaya ve deoksi-Hb' de artışa neden olur. Yaklaşık ilk iki saniye, spesifik nöronal uyarıma karşı oluşturulan hızlı nöronal cevap dönemidir. Bu dönemde nöronlar kapiller yataktaki oksijeni kullanarak lokal olarak deoksi-Hb' de artışa neden olurlar ve MR BOLD sinyalinde kısa bir süre düşüş yaşanır. Bu düşüşe ilk düşüş (*initial dip*) adı verilir. Takip eden 4 saniyede, aktif nöronlara oksijenize kan sağlamak için kapiller ve drenaj venlerinde perfüzyon artışı gerçekleşir. Lokal kan akımı dramatik olarak artarak ortama oksi-Hb sağlar ve deoksi-

Hb ortamdan uzaklaştırır. Bu mekanizma, lokal olarak oksi-Hb konsantrasyonunu dengelemekle kalmayıp daha da artmasını sağlar. Bu yolla azalan deoksi-Hb, T2 ağırlıklı MR görüntüde BOLD sinyalinde artışa yol açar. Ana BOLD cevabı bu dönemde elde edilir. Stimulus sonrası BOLD sinyali kısa bir süre başlangıç düzeyinin de altına düşmeye devam eder. Bu düşüşe uyarı sonrası çökme (*post-stimulus undershoot)* adı verilir. Uyarı sonrası çökmenin, önceki aktif nöronların hala devam eden yüksek metabolik ihtiyacı nedeniyle deoksi-Hb' deki geçici artışa bağlı olduğu düşünülmektedir. Önceden aktif olan bu alanda, enerji ihtiyacı ve kan akımı arasında yeniden denge sağlanana kadar devam etmektedir (105-107)(Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Hemodinamik cevap fonksiyonu

2.7.1. Fonksiyonel MRG' de Teknik Özellikler

Uzaysal çözünürlüğü (nöranal aktivitenin hangi lokalizasyonda arttığına dair hassas veriler sunması) yüksek olan F-MRG cihazları, 1 mm^3 'ten daha küçük ve "voksel" olarak tanımlanan alanları gösterebilmektedir. Teknik olarak, F-MRG 1.5 Tesla (T) ve üzerinde manyetik alan gücü olan herhangi bir klinik MRG cihazıyla gerçekleştirilebilir. Manyetik alan gücü arttıkça hassasiyeti, uzaysal çözünürlüğü ve sinyal-gürültü oranı (SGO) artmaktadır (108). Fakat manyetik alan gücü arttıkça duyarlılık artefaktları da artmaktadır (109). 1.5 T cihazlar kortikal aktivasyonun

güvenli ölçümünü sağlarken, 3T cihazlar subkortikal yapıların ve beyin sapının da değerlendirilmesine imkân sağlar. 1.5 T' da geniş venüllerden ve venlerden BOLD sinyalleri elde edilebilirken, 3T cihazlarda mikrovasküler yapılardan, kapillerden ve venüllerden de sinyal elde edilebilmesini sağlar (108, 109).

BOLD ölçümlerinde en başarılı MRG tekniği, görüntülemenin çok hızlı yapılabildiği eko planar görüntüleme (EPI) sekansıdır. EPI sekansında her bir görüntü ortalama 0.1 saniye gibi sürelerde çok hızlı bir şekilde elde edilmektedir. F-MRG' de en yaygın kullanılan sekans T2 ağırlıklı tek atımlı gradient eko (GE)-EPI sekansıdır (110).

Tüm beyni kapsayan F-MRG çalışmaları için tipik TR (*time to repetition*) değeri 2-3 saniyedir. Daha kısa TR zamanı SGO' da azalmaya neden olurken, daha uzun TR zamanı ise harekete duyarlılığını arttırır (111, 112). 3T F-MRG incelemesinde, görüntüleme alanı (*Field of View-FOV*) 192 ile 224 mm arasında, matriks genişliği 64x64, kesit sayısı 30 ila 36 arasında seçilmektedir (113). Bir F-MRG protokolünü optimize ederken en kritik parametre eko zamanı (*time to echo- TE*)'dır (112). Doku karakteristiğine ve manyetik alan gücüne bağlı olan BOLD kontrastını en üst düzeye çıkarmak için TE ideal olarak dokunun T2 zamanına eşit olarak seçilir. 3T için TE tipik olarak 30 milisaniyedir (25-40 milisaniye arasında) (111, 114).

2.7.2. Fonksiyonel MRG' de Çalışma Dizaynı

F-MRG ile araştırılması planlanan konu ve hipotez belirlendikten sonra, uygun paradigma ve F-MRG sekans parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Araştırmaya katılım sağlayan gönüllünün kooperasyonunu en üst seviyede tutmak en güvenilir sonuçları elde edilmesinde önemli bir yere sahiptir. Gönüllü katılımcılar MR çekim odasına alınmadan önce, kısa bir eğitime alınırlar. Araştırma için planlanan görevler MR uyumlu kulaklıklar ile işitsel olarak veya MR uyumlu monitörler ve ters projeksiyon ekranları ile görsel yolla aktarım sağlanır.

Paradigma, belli bir zamansal dizayna göre şekillendirilen, nöronal aktivasyona neden olan ve F-MRG sırasında gönüllü tarafından uygulanabilen kognitif görev paterni olarak tanımlanabilir. F-MRG değerlendirmesi sırasında, gönüllüden gerçekleştirmesi istenen fonksiyon "görev" olarak tanımlanır. Gönüllü bu görevleri gerçekleştirirken, kortikal yapılara ait yüzlerce görüntü elde edilir. Araştırmalarda

yaygın olarak kullanılan standart paradigmalarda, gönüllülere birbirini takip eden görev ve dinlenme durumları uygulanır ve bu durumlar karşılaştırılır (113, 115, 116). Araştırılmak istenen hipoteze göre motor, kognitif veya semptom provokasyon görevleri belirlenebilir.

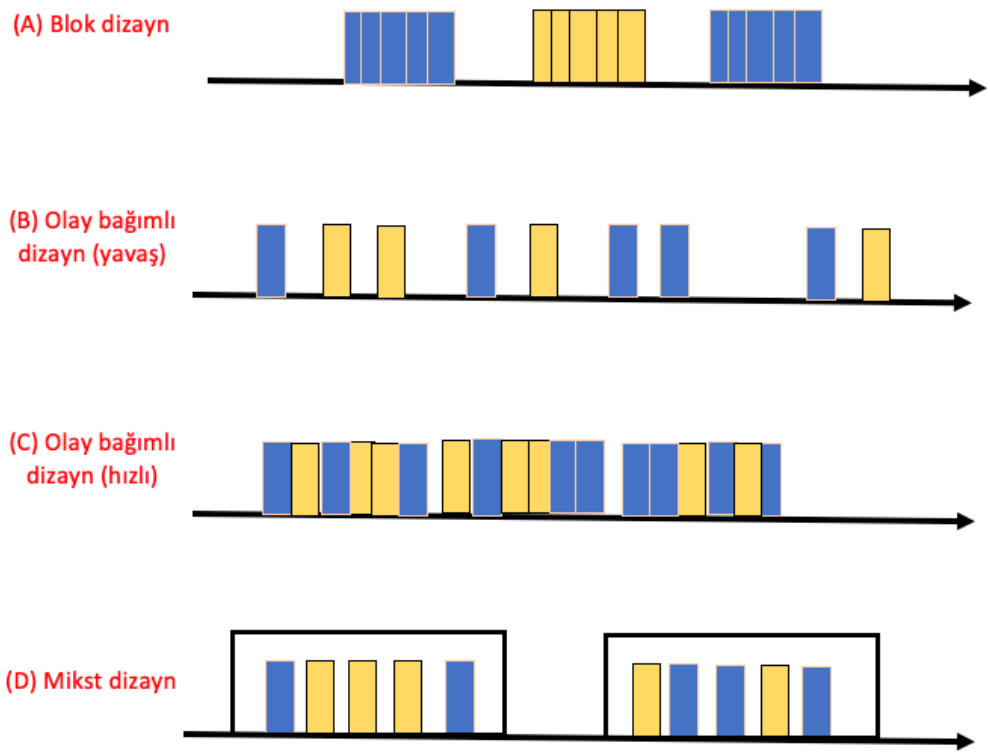
F-MRG'de çalışma dizaynı istirahat (*resting state*) ve görev-temelli (*task-based*) olmak üzere iki temel başlıkta incelenir. Görev-temelli uygulama blok dizayn, olay-bağımlı dizayn ve mikst dizayn olmak üzere üç şekilde kullanılır (Şekil 1.6).

İstirahat durumu, F-MRG' deki en basit deneysel tasarım olup katılımcılar herhangi bir görev gerçekleştirmez. Bu koşullar altında gerçekleştirilen görüntüleme sırasında, Dinlenme Durum Ağı (*Resting State Networks-RSN*) olarak bilinen fonksiyonel modeller tanımlanabilir. Deneysel tasarımda katılımcılara gözlerini kapalı tutmaları, özellikle hiçbir şey düşünmemeleri ve uykuya dalmamaları talimatını verilir. Alternatif bir yaklaşım olarak tarama sırasında gözlerin açık tutulması veya görme alanındaki sabit bir noktaya bakılmasını içerir. Araştırma amacına ve soruna göre en uygun yaklaşım belirlenmelidir (113, 117-121).

Blok dizayn, F-MRG çalışmalarında yaygın olarak kullanılan görev temelli tasarımlardan biridir. Bloklar halinde ardışık uyaranlardan oluşur. Görev bloklarını istirahat blokları takip eder. Blok durasyonları, uyaranın türüne göre değişmekle birlikte, en sık kullanılan aralık 15-30 saniyedir, ancak bazı araştırmacılar 15 saniyelik bir optimal durasyon da önermektedir (122).

Olay bağımlı dizayn, araştırma sorusuna ilişkin planlanan bir olay ve bu olaya ilişkin oluşturulan kortikal aktivasyon arasındaki ilişkiyi tanımlamak amacıyla tasarlanır. Lokal hemodinamik değişikliklerin geçici varyasyonlarının tespit edilmesini sağlar. Yavaş ve hızlı olay bağımlı dizaynlar olarak iki şekilde kullanılabilir (123, 124).

Mikst dizayn, kalıcı ve geçici kortikal aktivasyonları değerlendiren, bloklar içinde uyaranların kombinasyonu ile oluşturulan bir tasarımdır. Hem blok dizayn hem de olay bağımlı dizaynın avantajlarını sağlarken, daha zayıf bir hemodinamik cevap fonksiyonu oluşturur (104, 125, 126).



Şekil 2.6. Fonksiyonel MRG'de deneysel tasarım çeşitleri (127)

2.7.3. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Alanında F-MRG'nin Yeri

Non-invaziv beyin görüntüleme tekniklerindeki gelişmeler sayesinde kortikal ve sub-kortikal yapılarda meydana gelen morfolojik ve fonksiyonel değişiklikler incelenebilmektedir. F-MRG nörobilimin farklı birçok alanında önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamıştır (128). Örneğin, sensörimotor, dil, vizüospatial oryantasyon, hafıza, dikkat, karar verme gibi birçok araştırma alanına dahil olmuştur. F-MRG cerrahi öncesi haritalama/planlamadan çeşitli hastalıkların fonksiyonel özelliklerine, nöral plastisiteyi anlama ve ilaç geliştirme çalışmalarına kadar birçok alana katkı sağlamaktadır. Tıp ve sağlık alanında prognostik faktörlerin belirlenmesi, hastalık teşhisine ilişkin bilgilerin elde edilmesi, tedaviye yön vermesi ve farklı biyo-belirteçlerin tanımlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bağımlılık davranışı, nöropazarlama ve politika gibi çeşitli konuların incelenmesinde bir araç olarak kullanılmıştır (129).

Gerek periferik gerekse santral sinir sistemini etkileyen patolojiler sonucunda, fonksiyonel iyileşmenin gerçekleşmesi nöral plastisite ve kortikal reorganizasyona

bağlı oluşmaktadır. F-MRG tekniğinde meydana gelen gelişmeler nöral plastisite, kortikal reorganizasyon, sensorimotor integrasyonun daha detaylı anlaşılmasına imkân tanımıştır (130, 131). Yalnızca bu sistemlerde meydana gelen patolojilerin belirlenmesinde değil, aynı zamanda terapatik yaklaşımların geliştirilmesinde de yeni ufuklar açılmasını sağlamıştır. Rehabilitasyon alanında, farklı hastalık durumlarında fizyoterapatik yaklaşımların geliştirilmesi ve rehabilitasyon uygulamalarının kortikal reorganizasyona etkilerinin incelenmesi, sağlıklı bireylere yönelik koruyucu ve önleyici rehabilitasyon yaklaşımlarının oluşturulmasını sağlayabilir. Rehabilitasyon uygulamalarında klinik anlamda meydana gelen gelişmelerin, kortikal reorganizasyona hangi oranda yansıdığının yeteri kadar ölçülememesi, yapılan araştırmaların önemli bir limitasyonu oluşturmaktadır. Bu limitasyonlar rehabilitasyon alanında güncel, teknolojik ve objektif sonuç sağlayan görüntüleme yöntemlerinin de kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Günümüzde nöral plastisite ve kortikal reorganizasyonun doğru yönlendirilmesini hedefleyen farklı rehabilitasyon teknikleri önem kazanmıştır. Sanal gerçeklik ve hareketi izleme, kısıtlayıcı zorunlu hareket tedavisi, ayna tedavisi, duyusal re-edükasyon, görsel imajinasyon gibi nörorehabilitasyon temelli uygulamalar yaygınlaşmaktadır. Bu teknikler yalnızca yetişkin veya pediatrik nörolojik rehabilitasyon alanında değil, ortopedi, spor yaralanmaları, el rehabilitasyonu, omurga rehabilitasyonu, kronik ağrı rehabilitasyonu, kognitif rehabilitasyon gibi diğer alanlarında da yaygınlaşmaktadır. Rehabilitasyonun farklı alanlarında, hastalardan elden edilen klinik sonuçların nörogörüntüleme teknikleri ile desteklenmesi önem arz etmektedir. Biliyoruz ki santral veya periferik sinir sistemini ilgilendiren patolojiler fiziksel kompansatuvar mekanizmalar geliştirdiği gibi kortikal kompansasyonlar da geliştirmektedir (132). Bu nedenle, rehabilitasyon bilimlerinin ilerlemesinde ve farklı nörobilim temelli yaklaşımların geliştirilmesinde F-MRG teknikleri önemli bir yer tutmaktadır.

Çalışmamaızda, İS' li bireylerde eğrilik paternine göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun FMRG ile değerlendirilmesi ve sağlıklı bireylerle karşılaştırılması amaçlandı. Bununla birlikte İS' li bireylerde kortekste meydana gelen fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olabilecek olası faktörlerin (gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman- mesafe

karakteristikleri, statik- dinamik denge, kozmetik deformite algısı, yaşam kalitesi) belirlenmesi amaçlandı. İS tanılı bireylerde kortikal aktivasyona ilişkin sonuçların belirlenmesi ve ilişkili olabilecek periferik faktörlerin ortaya koyulması ile rehabilitasyon biliminde farklı nörobilim temelli egzersiz yaklaşımlarının geliştirilmesine önemli katkılar sunabilecektir.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Tanımlayıcı araştırma modeli ile tasarlanan bu çalışmaya, T.C. Sağlık Bakanlığı İl Sağlık Müdürlüğü Ankara Şehir Hastanesi, 1 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul'unun E1/1021/2020 karar numarası ile etik izin alındı. İS' li bireylerde eğrilik paternine göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun FMRG ile değerlendirilmesi ve sağlıklı bireylerle karşılaştırılması ile birlikte İS' li bireylerde kortekste meydana gelen fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olabilecek olası faktörlerin (gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman- mesafe karakteristikleri, statik- dinamik denge, kozmetik deformite algısı, yaşam kalitesi) belirlenmesi amacıyla planlanan bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi Protez-Ortez ve Biyomekanik Ünitesi, Ankara Şehir Hastanesi ve Tesla Görüntüleme Merkezi iş birliği ile gerçekleştirildi. Tüm gönüllülere araştırmaya ilişkin detaylı bilgi verildi ve gönüllü katılımcılardan aydınlatılmış onam alındı.

Araştırmaya alınması gereken birey sayısı G Power Yazılımı (Versiyon 3.1.9.2, Düseldorf, Almanya) ile hesaplandı. Primer sonuç ölçümlerinden olan F-MRG parametresi olarak asimetri oranı seçildi. Guzzetta ve arkadaşlarının (133) çalışması temel alınarak yapılan güç analizinde [0.29(0.09) vs 0.43(0.04)], tip 1 hata olasılığı 0.05, güç ise 0.80 kabul edildi. Buna göre örneklem büyüklüğü her bir gruba 5 olmak üzere toplam 15 kişi olarak bulundu ve çalışmanın bu sayıya ulaşınca sonlandırılmasına karar verildi. Ayrıca FMRG verilerinin, sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırılması için ilgili gruplarda bulunan gönüllü sayı ile eşit sayıda birey alınması gerektiği bulundu.

Çalışmamızda İS tanısı ile Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Eğitim, Uygulama ve Araştırma Üniteleri' ne başvuran hastalar ve benzer yaş grubunda olan sağlıklı gönüllüler dahil edildi. Bireyler ilgili evrenden olasılıklı basit rastgele randomizasyon yöntemi kullanılarak örnekleme yapıldı. İS tanılı bireyler kendi içerisinde eğrilik paterni, Cobb açısı ve yaşa göre tabakalı basit rastgele randomizasyon ile seçildi. Çalışmaya dahil edilme ve dışlama kriterleri aşağıda belirtildi:

Dahil edilme kriterleri

İS' li bireyler için;

- İdiopatik skolyoz tanısı olmak
- 14-24 yaş arasında kadın olmak
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak

Sağlıklı bireyler için;

- 14- 24 yaş arasında kadın olmak
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak

Dışlama kriterleri

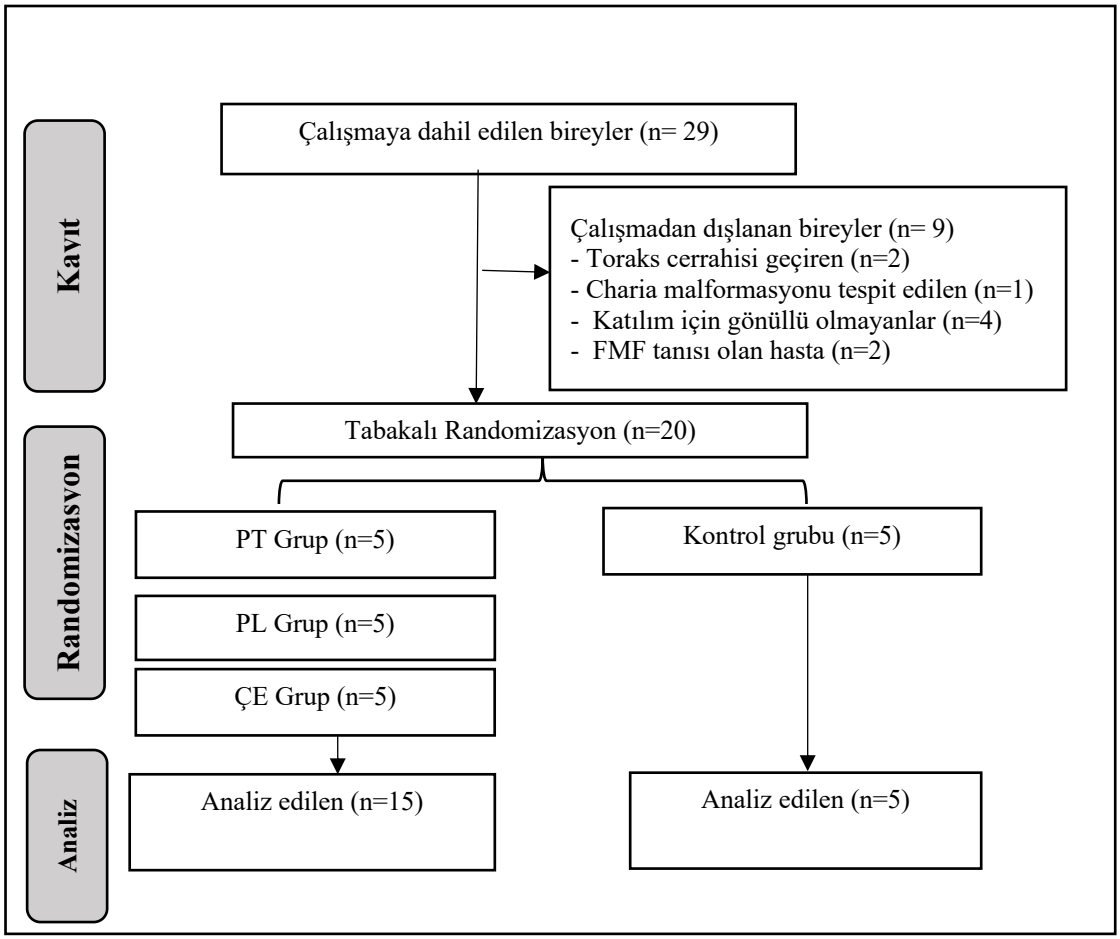
İS' li bireyler için;

- Konjenital veya nöromuskuler skolyoz tanısı olması
- Herhangi bir nöromusküler, romatolojik, renal, kardiyovasküler veya pulmoner sistemle ilişkili hastalığı olmak
- Spinal cerrahi geçirmiş olmak
- Vestibular sistemi etkileyen herhangi bir hastalığı bulunmak ve/veya daha önce vertigo atağı geçirmiş olmak
- Nöroaktif ilaç kullanımı
- Kooperasyon probleminin olması

Sağlıklı bireyler için;

- Son 1 yıl içerisinde üst veya alt ekstremite yaralanması geçirmesi
- Ortopedik muayenede herhangi bir omurga deformitesi tespit edilmesi
- Tıbbı ve nörolojik muayenesinde özellik tespit edilmesi
- Bilinen nörolojik hastalığı veya önemli hastalık öyküsü olan
- Nöroaktif ilaç kullanımı bulunan
- MRG cihazı içerisinde pozisyonlamaya engel bir kas-iskelet sistemi problemi olmak

İS' li bireyler eğrilik paternine göre primer sağ torakal eğrilik (PT Grup); primer sol lumbar eğrilik (PL Grup) ve sağ torakal sol lumbar çift (*double*) eğrilik (ÇE Grup) olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Çalışmaya İS' de en sık karşılaşılan eğrilik paternleri alındı. Çalışmanın akış şeması Şekil 3.1'de gösterildi.



Şekil 3.1. Çalışma akış şeması

3.2. Yöntem

Ünitemize yönlendirilen İS tanılı bireylerden basit rastgele örnekleme yöntemi ile çalışma grubu oluşturuldu. Benzer yaş aralığına sahip sağlıklı bireyler, kurumumuza egzersiz danışma amacıyla başvuran ve çalışmaya katılmaya gönüllü olanlar arasından rastgele seçildi. Çalışmaya katılan tüm bireylerin ilgili fiziksel ve radyolojik değerlendirmeleri aynı radyoloji uzmanı, aynı fizyoterapist ve aynı radyoloji teknikeri tarafından yapıldı. Tüm katılımcıların F-MRG çekimleri Tesla Görüntüleme Merkezi'nde gerçekleştirildi. Katılımcıların klinik değerlendirmeleri tamamlandıktan sonra, önceden belirlenen gün ve saatte F-MRG çekimlerinin yapılması için ilgili görüntüleme merkezine ulaşımları araştırmacılar tarafından sağlandı.

3.3. Klinik Değerlendirmeler

3.3.1. Demografik ve fiziksel özellikler

Bireylere ait yaş (yıl), cinsiyet, boy uzunluğu (cm) ve vücut ağırlığı (kg) gibi fiziksel bilgiler kaydedildi. Vücut kütle indeksi (VKİ), vücut ağırlığı/boy uzunluğunun karesi (kg/m^2) formülünden hesaplanarak, özgeçmiş ve soygeçmişlerini içeren ayrıntılı tıbbi hikâye kaydedildi.

3.3.2. Aksiyal gövde rotasyonunun değerlendirilmesi

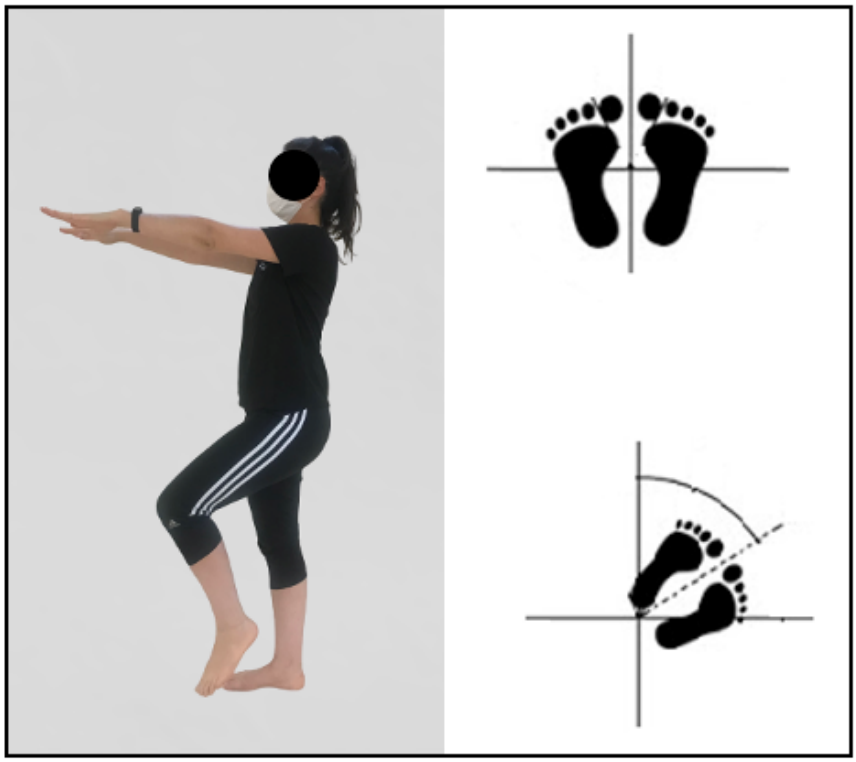
Aksiyal vertebral rotasyonunun horizontal plandaki değerlendirmesi için, Adam's öne eğilme testi sırasında, skolyometre ile apeks vertebranın rotasyon açısı derece cinsinden ölçüldü. Hastalardan kollar sarkık, avuç içleri bitişik, omurga zemine paralel olacak şekilde öne doğru eğilmesi istendi. Bir skolyometre (aksiyal rotasyon asimetrisini ölçen bir inklinometre) yardımıyla aksiyal gövde rotasyonu (*Axial trunk rotation*-ATR) öçüldü (68, 70) (Şekil 3.2).

Şekil 3.2. Skolyometre kullanılarak aksiyal gövde rotasyonunun ölçülmesi

3.3.3. Dinamik ve statik dengenin değerlendirilmesi

Dinamik dengenin değerlendirilmesinde Fukuda- Stepping Testi kullanıldı. Bu test sırasında bireylerden gözler kapalı, kollar 90° fleksiyonda konumlandırılmış ve 45°' lik kalça fleksiyonu ile yürüme talimatı verildi. Test öncesi topuklardan biri ve

ayak uzun ekseni işaretlendi. Hastadan olduğu yerde elli adım atması istendi. Elli adım sonrasında, ilk konum ve son konum arasındaki mesafe ölçülerek santimetre cinsinden kaydedildi. Ayrıca son konum ve ilk konumun birbirlerine göre rotasyonuna ait açısal değer gonyometre kullanılarak derece cinsinden ölçüldü (Şekil 3.3). Bu test İS' li bireylerde elektif dinamik proprioseptik bozukluğun değerlendirilmesinde de kullanılan basit ve pratik bir denge ölçümüdür (134).



Şekil 3.3. Fukuda- Stepping Test ve rotasyon açısının ölçümü

Statik denge, Romberg testi ve gözler kapalı tek ayak denge testi ile değerlendirildi. Romberg testi için bireyden kollar 90° uzatılmış, ayaklar topuk-parmak pozisyonunda olacak şekilde, gözler kapalı mümkün olduğu kadar uzun süre durması istendi. Birey 30 sn boyunca ayaklarını hareket ettirmeden pozisyonu koruması durumunda test negatif olarak kabul edildi. Bireyin mevcut pozisyonu bozması durumunda ilgili zamandaki süre saniye cinsinden kaydedildi ve test pozitif olarak kabul edildi (134). Test önce sağ ayak önde, sonra sol ayak önde olacak şekilde yapıldı (Şekil 3.4).

Şekil 3.4. Romberg denge testi

Gözler kapalı tek ayak denge testi, bireyden bir ekstremite üzerinde, eller gövde yanında, kalça nötral pozisyonda ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde durması istendi. Birey 30 sn boyunca ayağını hareket ettirmeden pozisyonu koruması durumunda test negatif olarak kabul edildi. Birey mevcut pozisyonu bozması durumunda ilgili zamandaki süre saniye cinsinden kaydedildi ve test pozitif olarak değerlendirildi (134). Bireyler statik testleri bir kez gerçekleştirdi. 15 sn' den önce test pozitifse, ikinci bir teste izin verildi ve iki test için en iyi süre kaydedildi (Şekil 3.5).

Şekil 3.5. Gözler kapalı tek ayak denge testi

3.3.4. Yürüyüşün Zaman-Mesafe Karakteristiklerinin Değerlendirilmesi

Yürüyüşün değerlendirilmesinde; GAIT Trainer 2 (Biodex Medical System, INC.) kullanıldı. Bireylerin yürüyüş hızı (cm/sn), kadans (adım/dk), adım uzunluğu (cm), duruş fazı süresi (%) ve adım döngüsü (döngü/adım) gibi bilateral zaman-mesafe karakteristikleri değerlendirildi. Bu değerlendirme için özellikli bir yürüme bandına çıkarılacak olan bireylerden rahat ettikleri hızda 2 dakika boyunca yürümeleri istendi, aynı test üç kez tekrarlandı ve testler arasında bir dakika dinlenme süreleri verildi. Yapılan üç testin ortalama değerleri alınarak kaydedildi (135) (Şekil 3.6).

Şekil 3.6. Yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinin değerlendirilmesi

3.3.5. Gövde Kas Enduransının Değerlendirilmesi

Gövde fleksör, ekstansör ve lateral grup kaslarının enduransı McGill Kor Endurans testleri ile değerlendirildi. Bireylerden gövde enduransını değerlendiren belli pozisyonları devam ettirmeleri istendi ve pozisyonu koruyabildikleri süre sn cinsinden kaydedildi.

Biering-Sorensen testi, gövde ekstansör kaslarının izometrik enduransını değerlendiren bir testtir. Bu testte, hasta spina iliaka anterior superior seviyesi yatak kenarında olacak şekilde yüzükoyun pozisyonlanır. Bireyin alt akstremitesi yatağa sabitlenir ve gövde ekstansiyonunda durabildiği süre sn cinsinden ölçülür. Birey test

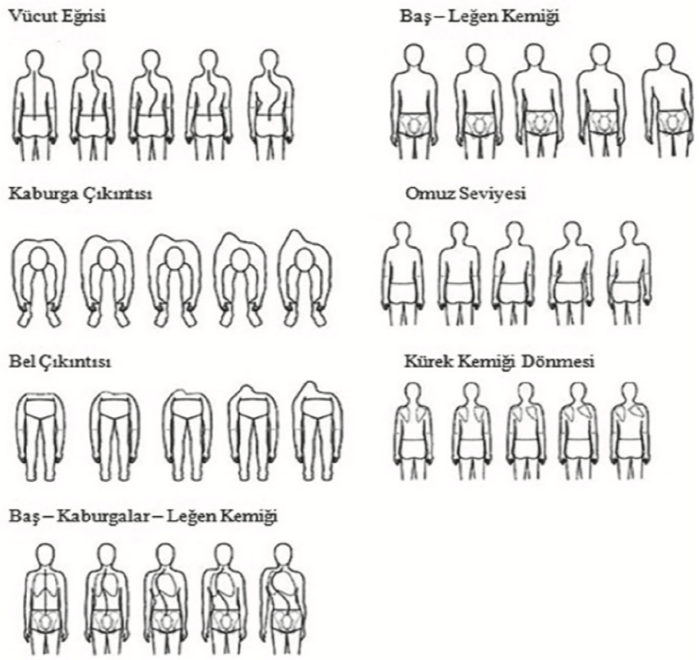
edilen pozisyonu kontrol edemediğinde veya 240 sn'ye ulaşıldığında test sonlandırılır (136, 137). Test-tekrar test güvenirliğinin yeterli (ICC = 0.85; CI 0.76–0.90), standart ölçüm hatasının (SEM) ise 15.6 saniye olduğu bildirilmiştir (138). Testin sırt kas yorgunluğunu ölçmek için de geçerli olduğu bulunmuştur (139). Gövde fleksör kaslarının izometrik endurasının değerlendirilmesinde, hasta çengel pozisyonunda iken, gövde aksiyal çizgisi ile femur lateral çizgisi arasındaki gövde açısı 60° olacak şekilde pozisyonlandı. Hastanın bu pozisyonu koruyabildiği süre sn olarak kaydedildi. Lateral grup kaslarının izometrik endurasında, hastadan yan köprü pozisyonunda durabildiği süre sn cinsinden kaydedildi. Sağ ve sol olmak üzere bilateral değerlendirildi. Gövde fleksör endurans testinin test-tekrar test güvenirliğinin ICC= 0.97, lateral grup kas endurans testinin ise ICC= 0.99 olduğu bildirilmiştir (140, 141) (Şekil 3.7).

Şekil 3.7. Gövde kas enduransının değerlendirilmesi (a) Gövde fleksör endurans testi; (b) Gövde ektansör endurans testi (Biering-Sorensen test); (c) Lateral köprü testi

3.3.6. Kozmetik Deformite Algılamasının Değerlendirilmesi

Bireyin kozmetik deformite algısı, Walter Reed Görsel Değerlendirme Skalası (*Walter Reed Visuel Assessment Scale-WRVAS*) ile değerlendirildi. İS' li bireylerin deformite ile ilişkili vücut görünümlerini nasıl algıladıklarını değerlendirmek amacıyla kullanılan geçerli bir skaladır. Görsel bir değerlendirme skalası olan WRVAS kişinin duruş algısına odaklanarak eğri şiddetini 7 farklı parametrede (omurga deformitesi, kaburga çıkıntısı, lumbar çıkıntı, göğüs deformitesi, gövde imbalansı, omuz asimetrisi ve skapular asimetri) skorlamaktadır. Her bir parametre 1'den 5'e doğru şiddeti artan şekilde puanlanır. Her bir parametreden elde edilen puanlar toplanır ve toplam skor elde edilir. Toplam skor 7- 35 puan arasında değişir (Şekil 3.8). İS' li bireyin kendisi, ebeveyni ya da fizyoterapisti tarafından skorlama

yapılabilmektedir (142). Walter Reed Görsel Değerlendirme Skalası, idiyopatik skolyozlu bireyin kendisi tarafından puanladı. Bireyden sunulan görsellerden kendi vücut algılamasına uygun olanı işaretlemesi istendi. WRVAS, mükemmel bir iç tutarlılığa (Cronbach's alpha, 0.9) sahip olduğu gösterilmiştir (143).



Şekil 3.8. Walter reed görsel değerlendirme skalası

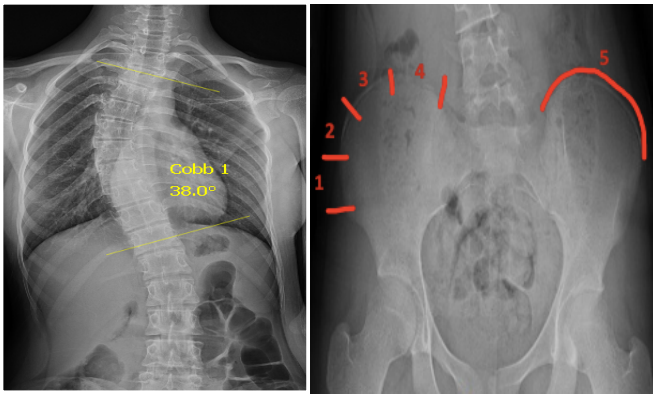
3.3.7. Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesi

Skolyoz Araştırma Cemiyeti tarafından geliştirilen SRS-22 (*Scoliosis Research Society-22*) anketi skolyozlu bireylere özgü oluşturulmuş, hem klinikte hem de bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan basit ve pratik bir yaşam kalitesi anketidir. Anket ağrı, self-imaj, fonksiyon, mental sağlık ve tedaviden memnuniyet olmak üzere 5 alt parametreyi değerlendiren 22 sorudan oluşmaktadır. Her bir madde 1'den 5' e doğru puanlanır. Anketten alınan toplam puanının düşük olması yaşam kalitesinin azaldığını gösterir (144, 145). Anketin Türkçe versiyonunun geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir (146).

3.4. Radyolojik Değerlendirme

3.4.1. Skolyoza Ait Özelliklerin Belirlenmesi

Skolyozlu bireylerde rutin olarak uygulanan, ön-arka omurga grafisinden, eğriliğin paterni, apeksi, Cobb açısı, Risser'e göre kemik maturasyon derecesine ilişkin bilgiler kaydedildi. Cobb açısı, eğriliğe katılan üst ve alt vertebral son plaklar temel alınarak ölçüldü. Cobb açısının en fazla olduğu eğrilik "primer eğri" olarak belirlendi. Sekonder ya da kompansatuvar eğrilikler aynı yöntemle ölçüldü (82, 147). Eğrilik paterni SRS kriterlerine göre belirlendi. Eğrilikler primer eğriye ait apeks vertebranın olduğu bölgeye göre sınıflandırıldı. Primer eğri apeksi T2 vertebra- T11-12 intervertebral disk aralığında torasik; T12-L1 arasında torakolumbar; L1-2 intervertebral disk- L4 vertebra arasında lumbar eğrilik olarak belirlendi (29). İliak kanatların apofizyal ossifikasyonu göre Risser bulgusuna karar verildi (148-150) (Şekil 3.9).

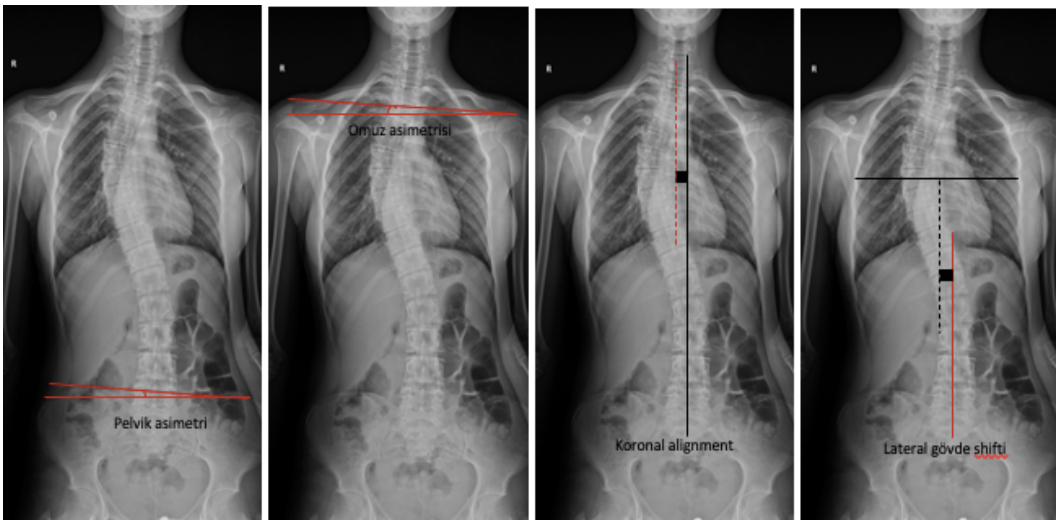


Şekil 3.9. Skolyoza ait bazı radyolojik değerlendirmeler

Ayrıca hastaların koronal spinal parametreleri Surgimap yazılımı (versiyon: 2.3.2.1, Nemaris Inc, New York, ABD) kullanılarak ölçüldü. Surgimap, omurga radyografilerini ölçmek için güvenli bir yazılımdır (151). Radyografi üzerinde bulunan cetvel kullanılarak yazılım kalibre edildi ve radyografilerin her biri dikkatli bir şekilde ölçüldü. Lateral gövde shifti, koronal alignment, biakromiyal asimetri ve pelvik asimetri koronal spinal parametreler olarak değerlendirildi.

Lateral gövde shifti için, apikal vertebra boyunca yatay bir çizgi çizildi, toraksı iki eşit parçaya bölecek şekilde dikey bir çizgi eklendi ve bu dikey gövde referans

çizgisi ile merkez sakral dikey çizgi arasındaki mesafe santimetre cinsinden ölçüldü (152). Koronal alignment, C7 çekül çizgisi ile merkez sakral dikey çizgi arasındaki yatay mesafe santimetre cinsinden değerlendirildi (153). Omuz asimetrisi için biakromial asimetri, biacromial çizgi ile yatay düzlem arasındaki açı derece cinsinden ölçüldü (154). Pelvik asimetri, yatay düzlem ile iliak krista çizgisi arasındaki açı derece cinsinden olarak değerlendirildi (155). Tüm ölçümler ve yorumlamalar alanında deneyimli uzman hekim (8 yıl tecrübe) ve radyolog (29 yıl tecrübe) öncülüğünde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Koronal spinal parametrelerin ölçülmesi

3.4.2. Fonksiyonel MRG ile Kortikal Aktivasyonun Değerlendirilmesi

İS' li bireylerde kortikal aktivasyonun değerlendirilmesinde F-MRG çekimleri 3T MRG cihazında (Siemens Magnetom Skyra, Siemens Medical Systems, Almanya) tek çekim seansı ile gerçekleştirildi. F-MRG çekimleri için katılımcılara herhangi bir ilaç verilmedi ve invaziv bir işlem yapılmadı. Her bir çekim hazırlık aşamaları da dahil olmak üzere toplam 30 dakika sürdü.

Fonksiyonel MRG çalışma dizaynı

Çalışmamızda blok dizayn motor görev paradigması kullanıldı. Bu blok tasarımda, katılımcının bir eli dinlenme halinde iken, diğer elini 30 saniye boyunca

saniyede 1 kez olacak şekilde açıp kapatması istendi (11). Dominant ve non-dominant el için ayrı ayrı görüntüleme işlemi gerçekleştirildi. Katılımcıların el tercihinin belirlenmesinde Edinburgh El Tercihi Anketi ile kullanıldı (156, 157).

Çekim öncesi hazırlık aşamasında, tasarlanan motor görev katılımcılara detaylı olarak anlatıldı ve her bir el ile bir kez deneme uygulaması yapıldı. Baş hareketlerini en aza indirmek için baş yumuşak dolgulu bir çerçeveye yerleştirildi. Sağ veya sol elle blok dizayn motor paradigması rastgele sırayla yapıldı. Protokolde, hareket blokları (eli açık kapama) ve dinlenme blokları (elde herhangi bir hareket olmadan) olmak üzere her biri 30 saniyede gerçekleşen toplam altı bloktan oluşuyordu. Her katılımcı, her biri üç dinlenme bloğu ile ayrılmış üç hareket bloğunu gerçekleştirerek MR çekimini tamamladı. Radyoloji ekibi, her katılımcının eğrilik paternine göre oluşturulan gruplara kördü.

Çekim sırasında katılımcılardan hareket etmemeleri ve yalnızca motor harekete konsantre olarak herhangi bir şey düşünmemeleri istendi. Acil durumlar için hastaların acil durum butonu yanlarına yerleştirildi. Uzman doktor, hemşire, radyoloji teknikeri ve araştırmacılar çekim süresince hazır bulundu (Şekil 3.11).

Şekil 3.11. Fonksiyonel MRG çekimi için katılımcının hazırlanması

Fonksiyonel MRG Görüntü Elde Etme

F-MRG çekimi, 3T MRG tarayıcısında (Siemens Magnetom Skyra, Siemens Medical Systems, Almanya) 32 kanallı kafa sargıları kullanılarak yapıldı. Motor paradigma öncesinde, anatomik lokalizasyonların belirlenebilmesi için yüksek çözünürlüklü yapısal T1-ağırlıklı görüntüler alındı (TR/ TE = 4000/ 30, kesit sayısı= 208, kesit kalınlığı= 1 mm, FOV= 230 x 230 mm, makriks= 128 x 128, flip açısı= 9°).

T1- ağırlıklı görüntülemenin ardından, fonksiyonel görüntüler elde edildi. F-MR görüntüleri EPI sekansı ile elde edildi (1 TR = 3 sn, TR/TE = 3000/30, voxel boyutu= 3 × 3 × 3, kesit sayısı = 35, flip angle= 90°, matrix= 64 × 64, FOV= 192 × 192 mm).

Görüntüleme planı, bikomissural plana (AC–PC planı) paralel olacak şekilde ayarlama yapıldı. Her bir katılımcının fonksiyonel görüntüleri 36 transvers kesitten oluşturuldu.

Fonksiyonel MRG Veri Analiz Aşaması

Fonksiyonel MR görüntüleri İstatistiksel Parametrik Haritalama (SPM-Statistical Parametric Mapping Anatomy Toolbox Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) programı kullanılarak analiz edildi. Kontrast dosyaları MATLAB 14a üzerinden SPM12 programına ait esnek faktörlü modelle analiz edildi. İstatistiksel ölçümler Genel Doğrusal Model (GLM) çerçevesi altında yapıldı. Oluşturulan GLM, sonuçlarda yanlılığı en aza indirmek için bir grup koşulu (hastalara karşı kontroller) ve iki değişken (yaş, lateralite) içeriyordu.

Verilerin analiz aşaması ön-işleme (*pro-processing*), işleme (*post-processing*) ve grup analizi aşamalarından oluşuyordu. Ön işleme aşamasında, hizalama-çakıştırma (*realign-estimate reach*), yüksek çözünürlükteki T1-ağırlıklı anatomik görüntüler ile fonksiyonel MR görüntülerinin bağdaştırılması (*co-registration*), segmentasyon, normalizasyon, görüntünün yumuşatılması (*smooth*), son normalizasyon ve koordinatların çakıştırılması (*check- register*) işlemlerinden oluşuyordu. Yüksek çözünürlüklü T1 görüntüleri, T1 ağırlıklı standart beyin şablonuna normalize edildi. Normalizasyonda MNI (Montreal Neurological Institute) stereotaksik boşluk kullanıldı. İşleme için ilgili teknik bilgiler girildi ve görüntüler analize hazır hale getirildi.

Gruplar arasındaki farklılıkları ölçmek için vokseller arasında t testleri yapılarak istatistiksel parametrik haritalar elde edildi. Önem kriterleri, çoklu karşılaştırmalar için düzeltme yapıldıktan sonra $p < 0.001$ olarak belirlendi. Yanlış pozitiflerin varlığını en aza indirmek için, yalnızca minimum boyutu 50 voksel olan kümeleri (küme başına beklenen voksel sayısı, $k \geq 50$) dikkate alan bir uzamsal filtre uygulandı.

Dinlenme ve hareket koşulları arasındaki aktivasyon farklılıkları, çıkarma görüntülerinde ölçüldü. Sinyal yoğunluğu artışı (yüzde sinyal değişikliği olarak ifade edilir), daha büyük değişikliklerin gözlendiği bölgelere ve özellikle birincil primer motor korteks, premotor korteks ve somatosensoriyel korteks olarak ölçüldü. Tüm ölçümler ve yorumlamalar radyoloji uzmanının öncülüğünde gerçekleştirilmiştir.

3.5. İstatistiksel Analiz

Fonksiyonel MRG çalışmalarında sınırlı katılımcı sayısından dolayı, verilerin normal dağılmadığı kabul edildi ve analizler non-parametrik testlerle gerçekleştirildi. Sayısal veriler ortanca (çeyrekler arası aralık) olarak verildi ve tüm sonuçların minimum ve maksimum değerleri belirtildi. Kategorik değişkenlere ait sonuçlar ise frekans ve yüzde dağılımları ile verildi. Klinik değerlendirmelerde elde edilen sayısal değişkenlerin gruplar arası karşılaştırması için Kruskal Wallis Testi; gruplar arasında anlamlı fark tespit edildiğinde ikili karşılaştırma için Mann Whitney U testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için p değeri <0.05 kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamıza eğri paterni, yaş ve cobb açısına göre tabakalı randomizasyon yapılan 15 İS' li kadın birey (PT Grup, n=5; PL Grup, n=5; ÇE Grup, n=5) ile benzer yaş grubunda olan 5 sağlıklı gönüllü kadın birey (Kontrol grubu) dahil edildi.

4.1. Demografik Özellikler

Çalışmaya katılan İS' li bireylerin yaş ortalaması 15.4±0.68 (15-17) yıl, beden kütle indeksi (BKİ) 18.08±2.1 (14.5-21.8) kg/m^2; sağlıklı gönüllülerin yaş ortalaması 14.6±0.8 (14-16) yıl, BKİ 18.8±1.3 (17.06-20.3) kg/m^2 olarak bulundu. Bireylerin tamamı kadın hastalardan oluşmaktaydı ve tüm bireylerin dominant eli sağ idi. İS' li ve sağlıklı gönüllülerin hiçbiri profesyonel veya rekreasyonel olarak herhangi bir spor yapmıyordu. İS' li ve sağlıklı gönüllülerin omurga ile ilişkili herhangi bir ağrısı yoktu. İS' li bireylerin tamamı konservatif tedavi ile izlenmekteydi. Eğri paternine göre gruplar arasında demografik özelliklerine göre fark bulunmadı (p>0.05). İS' li bireyler ve kontrol grubuna ait demografik özellikler Tablo 4.1' de sunuldu.

Tablo 4.1. İdiyopatik skolyozlu bireyler ve kontrol grubuna ait demografik özellikleri

n=20	PT Grup (n=5) Median (IQR)	PL Grup (n=5) Median (IQR)	ÇE Grup (n=5) Median (IQR)	Kontrol Grubu (n=5) Median (IQR)	p değeri*
Yaş (yıl)	15 (15-16)	15 (15-16)	15 (15-15)	15 (15-15)	0.737
Boy (cm)	160 (160-160)	166 (165-167)	155 (153-165)	165 (160-166)	0.096
Vücut ağırlığı (kg)	48 (45-50)	50 (48-58)	38 (36-43)	50 (48-52)	0.180
BKİ (kg/m^2)	18.7 (17.5-19)	17.7 (17.2-20.8)	15.7 (15.3-17.3)	19.2 (17.9-19.8)	0.235

IQR: Çeyrekler arası aralık, BKİ: Beden kütle indeksi, PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Testi

4.2. Skolyoza Ait Özellikler

Çalışmaya katılan skolyozlu bireylerin ortalama primer cobb açısı 32.6º±3.9 º (27º -41º), primer eğriye ait ortalama aksiyal gövde rotasyonu derecesi 8.7º ±1.9º (6º - 13º), eğri paternleri Lenke sınıflamasına göre, Lenke Tip 1 (5 birey), Lenke tip 5 (5 birey) ve Lenke Tip 3 (5 birey) eğriliklerdi. İS' li bireylere ait ortalama cobb açısı, eğri paterni, risser bulgusu ve ortalama ATR derecesine ilişkin bilgiler Tablo 4.2' de verildi.

Tablo 4.2. İdiyopatik skolyozlu bireylerin skolyoza ait özellikleri

n=15	Ort±SS	min- maks
Primer eğri cobb açısı (º)	32.6±3.9	27-41
Cobb torakal (º)	32.6±6.0	21-41
Cobb lumbal (º)	28.5±3.6	21-36
Primer eğri ATR (º)	8.7±1.9	6-13
Torakal ATR (º)	8.8±2.2	6-13
Lumbal ATR (º)	7.1±1.7	5-11
	n	%
Eğri paterni		
Primer sağ torakal	5	33.3
Primer sol lumbar	5	33.3
Sağ torakal sol lumbar	5	33.3
Risser		
3	8	53.3
4	7	46.7

ATR: Aksiyal gövde rotasyonu

İS' li bireyler eğri paternine göre gruplandığında, primer eğriye ait cobb açısı ve ATR derecesi bakımından gruplar arasında fark bulunmadı (p=0.644, p=0.563). Her bir grubun primer eğriye ait cobb açısı ve ATR derecesi Tablo 4.3'de sunuldu.

Tablo 4.3. Eğri paternine göre grupların primer eğriye ait cobb açısı ve rotasyon derecesi

n=15	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	p değeri*
Cobb açısı (°)	32 (31-35)	31 (30-32)	34 (28-38)	0.644
ATR (°)	9 (7-10)	7 (7-9)	9 (8-10)	0.563

ATR: Aksiyal gövde rotasyonu, PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Test

4.3. Koronal Spinal Parametreler

İS'li bireylerin eğri paternine göre koronal spinal parametreleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında fark bulunmadı (p >0.05). Eğrilik paternine göre skolyozlu bireylere ait koronal spinal parametrelere ait sonuçlar Tablo 4.4'da sunuldu.

Tablo 4.4. Koronal spinal parametrelerin eğrilik paternine göre karşılaştırılması

	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	p değeri*
Pelvik asimetri (°)	1.9 (0.4-2)	0.6 (0.5-1.4)	2.2 (0.8-2.3)	0.510
Biacromial asimetri (°)	2.5 (2-3.8)	0.4 (0.3-0.5)	2.4 (1.8-3.8)	0.111
Koronal alignment (cm)	0.6 (0.5-1.2)	0.4 (0.3-0.6)	0.8 (0.6-1.1)	0.337
Lateral gövde shift (cm)	1.5 (0.8-1.8)	0.3 (0.3-0.5)	1.1 (0.6-1.2)	0.163

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Testi

4.4. Fonksiyonel MRG' ye Ait Aktivasyonların İncelenmesi

Her Bir Grubun Fonksiyonel Aktivasyonlarının İncelenmesi

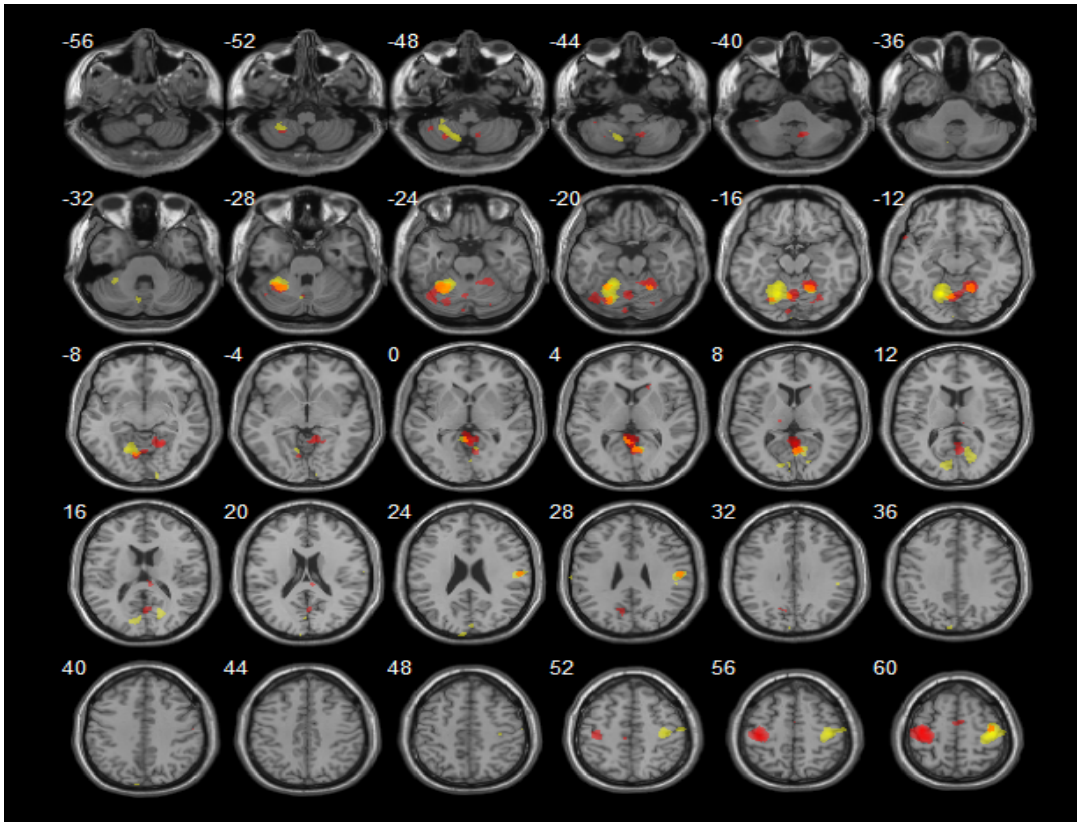
Her bir grubun kendi içerisinde sağ ve sol elin motor görevi sırasında (katılımcının bir eli dinlenme halinde iken, diğer elini 30 saniye boyunca saniyede 1 kez olacak şekilde açıp kapatması) kaydedilen kortikal aktivite sinyalleri hesaplandı. Bu sinyallerin ait olduğu ilgili fonksiyonel sahalar belirlendi. Analizler sırasında, her

vokselde anlamlılık için eşik kabul edilen hata payı (*FWE-family wise error*) <0.05, küme büyüklüğü (cluster) ≥50 olarak alındı. Her bir grubun aktivite saptanan bölgelerine ait küme büyüklüğü, istatistiksel değeri, MNI (*Montreal Neurological Institute*) koordinatları, koordinatların bulunduğu fonksiyonel saha ve isimleri belirlendi (Tablo 4.5, 4.6, 4.7, 4.8). Motor görev sırasında en fazla sinyal artışının görüldüğü bölgelerin pre-central, post-central gyrus ve suplementary motor alan (SMA) olduğu görüldü (Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

Tablo 4.5. PT gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar

MNI koordinatları			Alan	Hemisfer	Voksel sayısı	T
x	y	z				
Sağ el						
-36	-14	64	Precentral	Sol	1420	10.14
10	-2	64	SMA	Sol	46	5.41
56	-16	26	Postcentral gyrus	Sağ	304	5.16
10	-2	64	SMA	Sağ	192	5.41
40	-12	64	Precentral	Sağ	183	6.12
Sol el						
40	-24	64	Precentral	Sağ	1899	9.35
58	-14	52	Postcentral gyrus	Sağ	454	4.11
-36	-10	64	Precentral	Sol	64	4.92
6	-4	64	SMA	Sağ	56	4.18

p<0.001 FDR, p<0.05 FWE, k≥50, SMA: suplementary motor alan

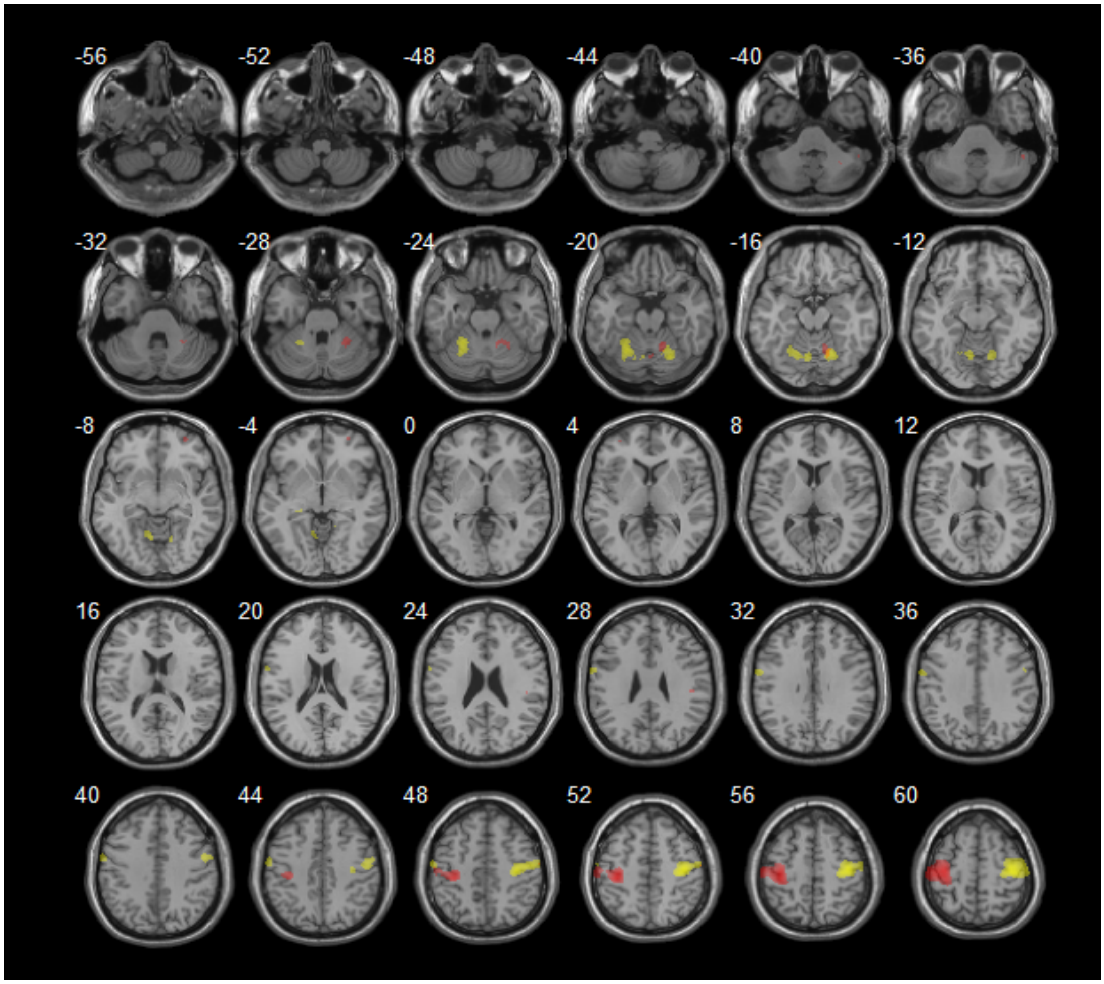


Şekil 4.1. PT grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları (şekilde sağ el kırmızı renk, sol el sarı renk ile temsil edilmektedir)

Tablo 4.6. PL gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar

MNI koordinatları			Alan	Hemisfer	Voksel sayısı	T
x	y	z				
Sağ el						
-34	-20	78	Precentral	Sol	1029	15.08
36	-12	52	Precentral gyrus	Sol	943	8.12
10	-2	64	Postcentral gyrus	Sol	795	6.18
Sol el						
36	-10	72	Precentral	Sağ	1396	11.5
30	-25	52	Precentral gyrus	Sağ	1245	9.35
37	-20	56	Postcentral gyrus	Sağ	249	4.11

$p<0.001$ FDR, $p<0.05$ FWE, $k\geq50$

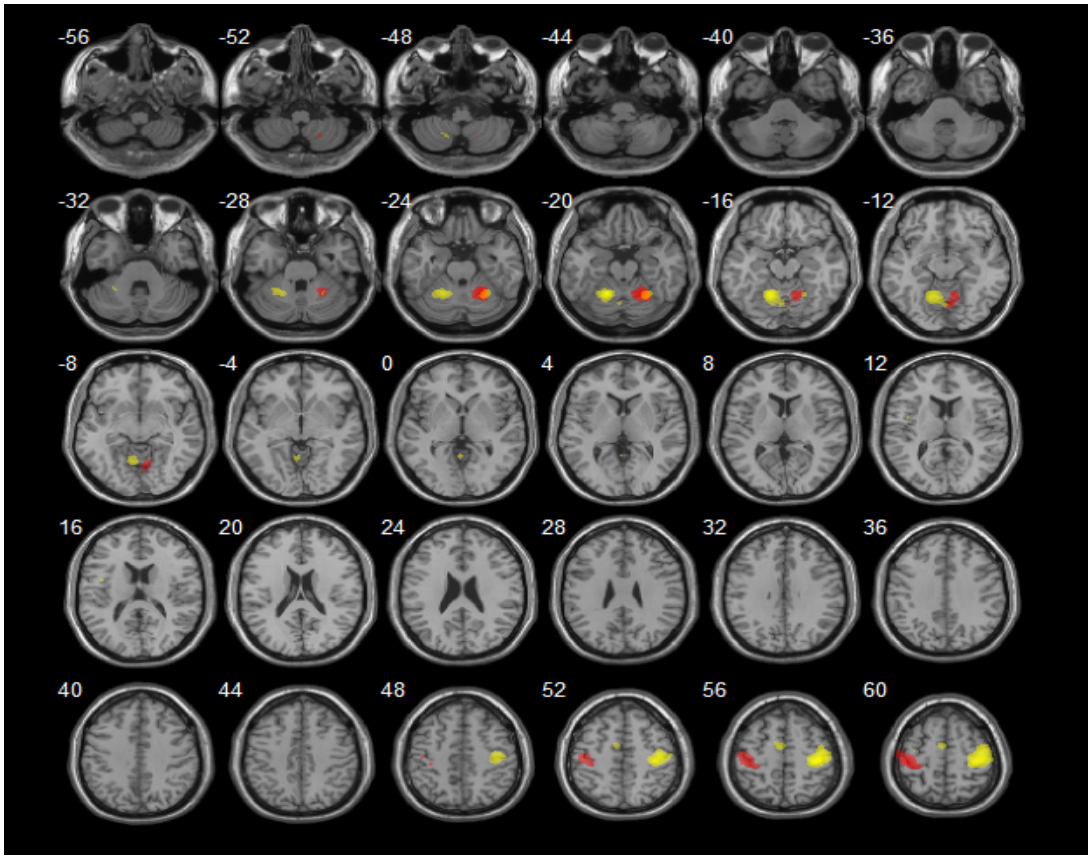


Şekil 4.2. PL grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları (şekilde sağ el kırmızı renk, sol el sarı renk ile temsil edilmektedir)

Tablo 4.7. ÇE gruba ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar

MNI koordinatları			Alan	Hemisfer	Voksel sayısı	T
x	y	z				
Sağ el						
-40	-20	72	Precentral	Sol	1007	11.07
36	-28	74	Postcentral	Sol	594	6.02
-6	16	44	SMA	Sağ	62	4.74
Sol el						
34	-14	70	Precentral	Sağ	1116	10.77
58	-14	52	Postcentral	Sağ	686	5.41
-6	-2	56	SMA	Sol	179	6.1

$p<0.001$ FDR, $p<0.05$ FWE, $k\geq50$, SMA: suplementary motor alan

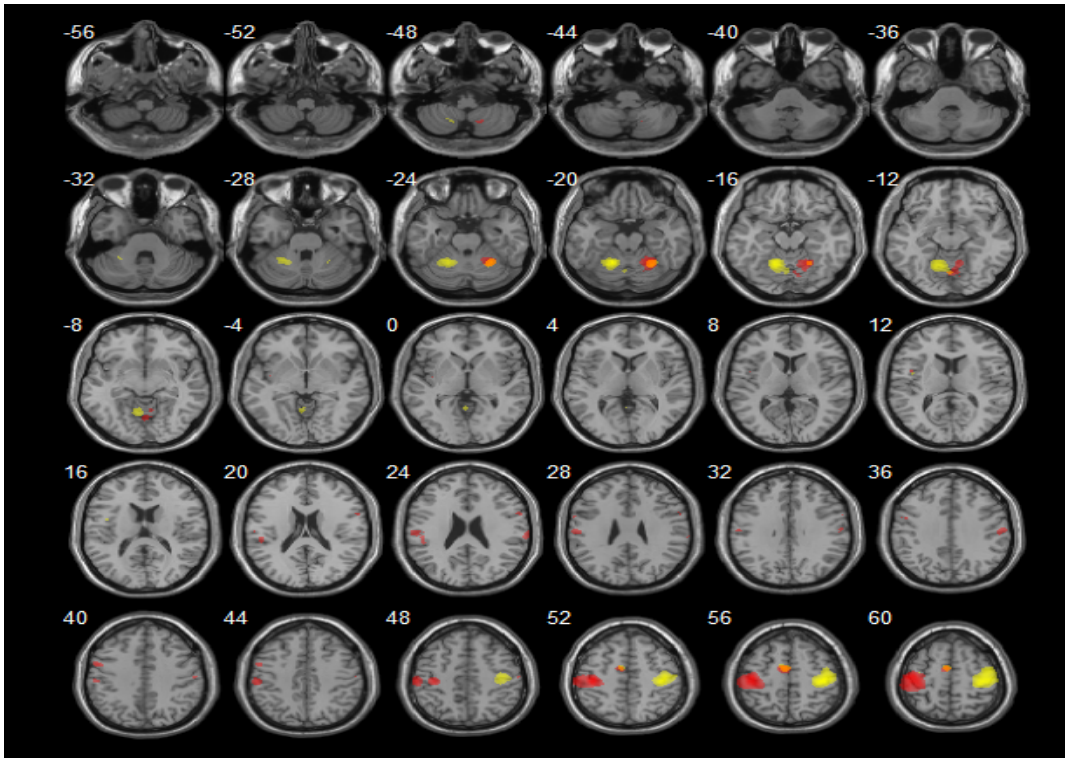


Şekil 4.3. ÇE grubun sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları (şekilde sağ el kırmızı renk, sol el sarı renk ile temsil edilmektedir)

Tablo 4.8. Kontrol grubuna ait anlamlı aktivasyonlarının bulunduğu alanlar

MNI koordinatları			Alan	Hemisfer	Voksel sayısı	T
x	y	z				
Sağ el						
-40	-20	70	Precentral	Sol	912	11.38
58	-18	36	Postcentral	Sol	1159	12.04
52	-12	32	Postcentral	Sağ	249	5.02
-2	-4	58	SMA	Sol	204	6.02
Sol el						
34	-14	70	Precentral	Sağ	1116	10.77
46	-10	72	Postcentral	Sağ	686	7.11
-6	-2	56	SMA	Sol	200	6.19

$p<0.001$ FDR, $p<0.05$ FWE, $k\geq50$, SMA: suplementary motor alan



Şekil 4.4. Kontrol sağ ve sol elin motor görevi sırasında kaydedilen fonksiyonel alan aktivasyonları (şekilde sağ el kırmızı renk, sol el sarı renk ile temsil edilmektedir)

Gruplar Arasındaki Fonksiyonel Aktivasyonlarının Karşılaştırılması

Primer motor korteks, premotor korteks ve somatosensoriyel korteks fonksiyonel aktivasyon bakımından karşılaştırıldığında gruplar arasında fark bulunmadı ($p>0.01$). Farklı eğrilik paternlerine sahip skolyozlu bireyler ile benzer yaş grubunda olan sağlıklı bireylerin motor görev sırasında ilgili kortikal yapıların fonksiyonel aktivasyonlarının benzer olduğu bulundu.

4.5. Gövde Enduransı Sonuçlarının Gruplar Arası Karşılaştırması

Eğri paternine göre İS' li bireyler ile kontrol grubuna ait gövde endurans değerleri karşılaştırıldığında, fleksör ($p=0.044$) ve ekstansör kas endurasında gruplar arasında anlamlı fark olduğu bulundu ($p=0.004$). Kontrol grubuna göre ÇE grupta fleksör kas gruplarının enduransı en düşük bulunurken, PL grupta ekstansör kas grubu enduransının en az olduğu belirlendi. Gövde sağ ve sol lateral grup kas enduransında gruplar arasında fark bulunmadı ($p>0.05$). Gövde enduransı sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması ilişkin bilgiler Tablo 4.9'de sunuldu.

Tablo 4.9. Gövde enduransı sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması

n=20	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	Kontrol Grubu Median (IQR)	p değeri*
Fleksör (sn)	29.8 (12.3-33.4)	17.2 (16.7-19.4)	15 (11.2-17.3)	30.2 (28.3-30.4)	**0.044**
Ekstansör (sn)	19.3 (18.2-21.6)	15.7 (13.4-19.7)	24.2 (21.6-24.3)	36.2 (35.7-40)	**0.004**
Sağ Lateral (sn)	10 (8.7-19.2)	11.4 (7.3-13.9)	10.8 (9.6-12.3)	19.5 (18.1-22.3)	0.063
Sol Lateral (sn)	14.6 (6.2-15.1)	10.7 (10.3-13.7)	11.5 (7.7-20.8)	21.8 (21.2-22.5)	0.082

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Test

Gövde fleksör ve ekstansör kas endurans değerlerinin ikili grup karşılaştırılmasında farkın sağlıklı gruptan kaynaklandığı bulundu. Her bir eğrilik paterni ile sağlıklı grup arasında anlamlı fark elde edildi (p=0.008) (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Gövde fleksör ve ekstansör endurans değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması

	Fleksör kas enduransı		Ekstansör kas enduransı	
	Z değeri	p değeri	Z değeri	p değeri
PT- PL	-0.522	0.602	-1.358	0.175
PT- ÇE	-1.149	0.251	-0.731	0.465
PT- ÇE	-1.358	0.175	-2.193	0.028
PT- Kontrol	-0.313	0.754	-2.611	**0.008**
PL- Kontrol	-2.611	**0.008**	-2.611	**0.008**
ÇE- Kontrol	-2.611	**0.008**	-2.611	**0.008**

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Mann Whitney U testi

4.6. Yürüyüşün Zaman- Mesafe Karakteristiklerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Eğri paternine göre, İS' li bireyler ve kontrol grubuna ait yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında sol adım uzunluğunda fark olduğu bulundu (p=0.024). En kısa adım uzunluğunun ÇE grupta olduğu belirlendi. Gruplar arasında yürüyüş hızı, kadans, adım döngüsü, sağ adım uzunluğu, sol ve sağ ayakta duruş zamanı sonuçlarının benzer olduğu bulundu (p>0.05). Yürüyüşün zaman- mesafe karakteristiklerinin gruplar arası karşılaştırılması ait sonuçlar Tablo 4.11'da sunuldu.

Tablo 4.11. Yürüyüşün zaman- mesafe karakteristiklerinin gruplar arası karşılaştırılması

n=20	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	Kontrol Grubu Median (IQR)	P değeri*
Yürüyüş hızı (m/sn)	1.27 (1.22-1.27)	1.28 (1.26-1.32)	1.28 (1.28-1.3)	1.29 (1.28-1.29)	0.303
Kadans (adım/dk)	98 (91- 102)	102 (99-104)	100 (97-103)	100 (99-102)	0.624
Adım döngüsü (döngü/adım)	0.78 (0.76-0.83)	0.82 (0.81-0.84)	0.88 (0.81-0.90)	0.82 (0.80-0.82)	0.462
Sol adım uzunluğu (cm)	48 (46-49)	51 (47-52)	46 (43-48)	56 (54-57)	**0.024**
Sağ adım uzunluğu (cm)	50 (49-62)	54 (52-55)	57 (54-58)	58 (56-58)	0.762
Sol ayakta duruş zamanı (%)	50 (50-51)	48 (47-50)	50 (50-51)	50 (50-50)	0.230
Sağ ayakta duruş zamanı (%)	50 (49-50)	52 (50-53)	50 (49-50)	50 (50-5-)	0.218

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Testi

Sol adım uzunluğu değerlerinin ikili grup karşılaştırılmasında ÇE grup ile kontrol grubu arasında anlamlı fark elde edildi (p=0.008) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Sol adım uzunluğu değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması

	Sol adım uzunluğu	
	Z değeri	p değeri
PT- PL	-0.313	754
PT- ÇE	-1.054	0.292
PL- ÇE	-1.358	0.175
PT- Kontrol	-2.095	0.036
PL- Kontrol	-1.984	0.047
ÇE- Kontrol	-2.611	**0.008**

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Mann Whitney U testi

4.7. Statik ve Dinamik Denge Parametrelerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Eğri paternine göre, İS' li bireylerin ve kontrol grubunun statik ve dinamik denge parametreleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında sol tek ayak duruş süresi (p=0.009) ve yer değiştirme mesafesi (p=0.005) arasında fark olduğu bulundu. Gruplar arasında tandem duruş süreleri, sağ tek ayak duruş süresi ve rotasyon derecesi sonuçlarının benzer olduğu bulundu (p>0.05). Statik ve dinamik denge parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması ait sonuçlar Tablo 4.13'da sunuldu.

Tablo 4.13. Statik ve dinamik denge parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması

	(n=20)	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	Kontrol Median (IQR)	p değeri*
Statik Denge	Tandem duruş süresi (sağ) (sn)	15.3 (14.5-19.3)	12.8 (12.09-17.6)	16.4 (14.0-16.6)	26 (25-26)	0.051
	Tandem duruş süresi (sol) (sn)	12.2 (11.4-25.6)	22.7 (11.2-24.2)	13.7 (13.3-28)	24 (24-28)	0.528
	Tek ayak duruş süresi (sağ) (sn)	12.4 (11.6-12.6)	11.7 (9.7-12.7)	11.8 (9.6-12.2)	16 (16-17)	0.050
	Tek ayak duruş süresi (sol) (sn)	8.1 (7.3-8.3)	15.6 (12.8-16.2)	14.7 (12.3-15.01)	16 (15-16)	**0.009**
Dinamik Denge	Yer değiştirme mesafesi (cm)	34 (30-38)	25 (20-45)	17 (15-20)	7 (5- 10)	**0.005**
	Rotasyon miktarı (°)	10 (10-50)	10 (0-20)	60 (45-90)	0 (0-5)	0.060

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Test

Sol tek ayak duruş süresi değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırmasında, farkın PT gruptan kaynaklandığı belirlendi (p=0.008). Primer torasik eğrilik paternine sahip bireylerin diğer eğrilik paternleri ve kontrol grubuna göre sol tek ayak üzerinde duruş süresinin daha kısa olduğu bulundu. Yer değiştirme mesafesi değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırmasında, eğrilik paternine bakılmaksızın idiyopatik skolyozlu bireylerin sağlıklı bireylere göre yer değiştirme miktarının daha fazla olduğu saptandı (p=0.008)(Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Sol tek ayak duruş süresi ve yer değiştirme mesafesi değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırması

	Sol tek ayak duruş süresi		Yer değiştirme mesafesi	
	Z değeri	p değeri	Z değeri	p değeri
PT- PL	-2.611	**0.008**	-0.210	0.834
PT- ÇE	-2.611	**0.008**	-1.571	0.116
PL- ÇE	-0.731	0.465	-1.792	0.073
PT- Kontrol	-2.619	**0.008**	-2.611	**0.008**
PL- Kontrol	-0.314	0.753	-2.611	**0.008**
ÇE- Kontrol	-1.261	0.207	-2.619	**0.008**

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Mann Whitney U testi

4.8. Kozmetik Deformite Algılaması Değerlerinin Eğrilik Paternine Göre Karşılaştırılması

İS' li bireylerin kozmetik deformite algılaması (WRVAS) skorları eğri paternine göre karşılaştırıldığında, gruplar arasında fark olmadığı, eğrilik paterninin kozmetik deformite algılamasını etkilemediği belirlendi (p=0.109). Eğrilik paternine göre skolyozlu bireylere ait WRVAS sonuçları Tablo 4.15'da sunuldu.

Tablo 4.15. Eğrilik paternine göre kozmetik deformite algılaması değerlerinin karşılaştırılması

	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	P değeri*
WRVAS (puan)	15 (15-16)	12 (12-13)	14 (13-15)	0.109

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Testi

4.9. Yaşam Kalitesinin Eğrilik Paternine Göre Karşılaştırılması

İS' li bireylerde eğrilik paternine göre yaşam kalitesi sonuçları karşılaştırıldığında, skolyozlu bireyler arasında yaşam kalitesine ilişkin sonuçlar bakımından fark olmadığı, eğrilik paterninin yaşam kalitesini etkilemediği görüldü (p >0.05) (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Eğrilik paternine göre yaşam kalitesi sonuçlarının karşılaştırılması

n=20	PT Grup Median (IQR)	PL Grup Median (IQR)	ÇE Grup Median (IQR)	P değeri *
SRS-22 total skor	4.2 (4.0-4.4)	4.0 (3.9-4.1)	4.2 (4.0-4.3)	0.574
Fonksiyon	4.2 (4.2-5.0)	4.6 (4.2-5.0)	4.8 (4.8-4.8)	0.735
Ağrı	4,8 (4.2-5.0)	4.4(4.2-4.8)	4.4 (4.2-4.8)	0.723
Görünüm	3.6 (3.6-3.6)	3.2 (3.2-3.6)	3.4 (3.2-3.8)	0.618
Mental sağlık	4.2 (3.6-4.2)	3.8 (3.6-4.0)	3.6 (3.4-4.2)	0.938
Tatmin	4.0 (3.5-4.5)	4.5 (4.0-5.0)	5.0 (5.0-5.0)	0.171

PT: primer sağ torakal eğrilik, PL: primer sol lumbar eğrilik, ÇE: sağ torakal sol lumbar çift eğrilik
*Kruskal Wallis Testi

5. TARTIŞMA

İdiyopatik skolyoz tanılı adölesan kadın bireylerde eğrilik paternine (PT grup; PL grup; ÇE grup) göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun FMRG ile değerlendirilmesi, sağlıklı bireylerle karşılaştırılması ve kortekste meydana gelen fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olabilecek olası faktörlerin (gövde kas enduransı, yürüyüşün zaman- mesafe karakteristikleri, statik- dinamik denge, kozmetik deformite algısı, yaşam kalitesi) belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, skolyozlu bireylerde eğrilik paternine bakılmaksızın belirli bir motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun sağlıklı bireyler ile benzer olduğu; skolyozlu bireylerin sağlıklı bireylere göre gövde fleksör ve ekstansör kas enduransının azaldığı, çift eğriliği olan skolyozlu bireylerin sağlıklı bireylere göre sol adım uzunluğunun azaldığı, primer torasik eğrilik paternine sahip skolyozlu bireylerin sol tek ayak üzerinde duruş süresinin azaldığı, skolyozlu bireylerde sağlıklı bireylere göre dinamik dengenin azaldığı, deformite algısı ile yaşam kalitesi skorlarının eğrilik paternine göre farklılık göstermediği bulundu.

FMRG- Kortikal Aktivasyon

Santral sinir sisteminin farklı bölümlerinin İS' deki varsayılan rolünü daha iyi anlamak, skolyozlu bireyler ve sağlıklı kontroller arasındaki hem morfolojik (12, 95) hem de işlevsel (11) farklılıkları araştırmak için beyin görüntüleme kullanılmıştır. İS' li bireylerde motor görev sırasında beyin aktivitesini araştırmak için yalnızca bir çalışmada fonksiyonel MRG kullanılmıştır (11). Bu çalışmada, sağlıklı kontrollere kıyasla skolyozlu bireylerin SMA' da farklı yanıt paterninin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada İS' li bireylerde sağlıklı bireylere göre daha yüksek asimetri indeksinin olduğu da bildirilmiştir. Araştırmacılar kortikal düzeyde bozulan sensorimotor entegrasyonunun İS patogenezinde rol oynadığını düşünmüşlerdir. Kortikal entegrasyondaki bozulmanın ve daha asimetrik aktivasyonun, motor korteksi ve SMA' yı birbirine bağlayan interhemisferik beyaz cevher yollarındaki farklılıkların sonucu olabileceğini de bildirmişlerdir (11). Bir diğer çalışmada, AİS' li bireylerde hemisferler arası bağlantının ve beyin kortikal network yeteneğinin değiştiği gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda, AİS' li hastalarının kortikal network

mimarisinin ve organizasyonunu tamamen korunduğu ancak AİS beyninin hemisferik asimetrinin olduğu gösterilmiştir. Bu bulguların AİS etiyolojinin daha iyi anlaşılmasını imkân sağlayabileceği de ifade edilmiştir (94).

AİS' de belirgin bir klinik nörolojik defisit saptanmamasına rağmen, şiddetli eğriliği olanlar bireylerde tonsiller ektopi (158, 159) ve anormal somatosensoriyel fonksiyon (159, 160) ile anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. AİS' de morfolojik değişiklikler incelendiğinde, spinal kordun vertebral uzunluğa oranının azaldığı bulunmuştur. Büyüme döneminde anterior vertebral kolonun uzunluğunda aşırı büyümenin olması ve bu durumda nispeten daha kısa kalan spinal kordun kranio-kaudal yönde gerilime maruz kalması ile açıklanmaktadır. Bu durum şiddetli eğriliklerde tonsiller ektopi veya siringomiyeli insidansının artışını da açıklamıştır (161). AİS' li bireyler sağlıklı bireyler ile karşılaştırıldığında, fokal kortikal kalınlık ve bölgesel serebellar hacim açısından önemli farklılıklar olduğu ve bu hastalarda motor ve vestibüler fonksiyonlarla ilgili alanlarda da fokal kortikal kalınlığın farklı olduğu bulunmuştur (14, 95). Sağlıklı bireylerde kortikal kalınlık yaş ile anlamlı korelasyon gösterirken, skolyozlu bireylerde yaşla birlikte kortikal kalınlığın değişmediği de tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada, Liu ve arkadaşları sağ torasik AİS' de sağlıklı kontrollere göre daha büyük bir korpus kallozum hacminin olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, İS' li bireylerin beyin sapı ve korpus kallozum dahil olmak üzere, daha fazla bölgesel beyin hacim farkına sahip olduğu da tespit edilmiştir. AİS' de sol frontal gyrus, parietal, temporal bölgelerdeki beyaz cevher, korpus kallozum ve beyin sapı hacminin kontrollere kıyasla daha büyük olduğu bulunmuştur. AİS' de sağ taraflı inen beyaz cevher yolları ve kaudal nucleus, sol hipokampus ve amigdala, iki taraflı prekuneus gyrus, sol orta ve alt oksipital gyrus hacminin ise kontrollere kıyasla daha küçük olduğu belirlenmiştir (93). Wang ve arkadaşları ise sol torasik İS' de corpus callozum 'nin spleniumunda morfometrik bir anormallik olduğunu bildirmişlerdir (12). Sağlıklı ve skolyozlu (sağ torakal eğrilik; sağ torakal sol lumbar eğrilikler) bireyler arasında belirgin farklılık gösteren korpus kallozum bildiğimiz üzere esas olarak sol ve sağ motor ve premotor korteksleri birbirine bağlamaktadır. Korpus kallozumda meydana gelen bu değişim korteksler arasındaki değişen bağlantılara ve sonuçta suboptimal interhemisferik dengeye neden olarak İS' deki kortikospinal yolların kontrolündeki bozukluk ile sonuçlanabilir. Çünkü bu

yollardaki aksonların %30' dan fazlası premotor ve ek motor bölgelerden kaynaklanır (13). İS' de yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, iki serebral hemisferi birbirine bağlayan ve önemli bağlantı noktası olan korpus kallozumun, bu bireylerde anormal morfoloji gösterebileceğini düşündürmektedir. Ancak korpus kallozumun mikro yapısını araştıran çalışmalara ihtiyaç vardır.

Mevcut çalışmada, Domenech ve ark. tarafından yapılan FMRG çalışmasının sonuçları ile uyumlu olarak, farklı eğrilik paternlerine sahip İS' li bireylerde belirli bir motor görev sırasında kortikal aktivasyon sahalarının benzer olduğu bulundu. Motor görev sırasında en fazla kortikal sinyal artışının pre-central, post-central ve suplementary motor alanda olduğu bulundu. Eğrilik paterninden bağımsız olarak, idiyopatik skolyozlu bireyler ile sağlıklı bireyler arasında, primer motor korteks, premotor korteks ve somatosensoriyel korteksteki fonksiyonel aktivasyonların benzer olduğu bulundu. Ancak Domenech ve ark. tarafından skolyozlu bireylerde yapılan ve bilinen tek FMRG çalışmasında, skolyozlu bireylerde sağlıklı bireylere göre SMA' da daha fazla sinyal artışının olduğu bulunmuştur. Bu durum yazarlar tarafından SMA' nın hareketlerin hazırlanmasından ve yürütülmesinden sorumlu olduğu ve postürün kontrolüne katkı sağladığı düşünüldüğünde (162, 163), AİS' li bireylerde SMA' daki sinyal artışının postüral kaslarda tonus bozukluğuna neden olabileceği düşünülmüştür. Mevcut çalışmanın sonuçları, Domenech ve ark. tarafından rapor edilen SMA'daki sinyal artışı sonuçlarından bu yönüyle farklılık göstermektedir. Mevcut çalışmada skolyozlu bireyler ile benzer yaş aralığında olan sağlıklı bireylerin, bir motor görev (elin kapatıp açılması) sırasında kontralateral hemisferin ilgili fonksiyonel kortikal sahalarında tespit edilen aktivasyonları ve sinyal yoğunluğunun benzer olduğu bulundu. Çalışmamızın Domenech ve ark. tarafından elde edilen sonuçlardan farklı olmasının, ilgili çalışmada küme büyüklüğünün düşük seçilmesi ve istatistiksel anlamlılık değerinin 0.04 olarak tespit edilmesi ile ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca ilgili çalışmada eşit olmayan sayılarda ve yoğunlukta birbirinden farklı eğrilik paternleri de dahil edilmiştir. Yine ilgili çalışmada, klinikte sıklıkla intraspinal defisit ile ilişkili olabileceği düşünülen sol torasik eğrilik paterninin dahil edildiği de görülmektedir. Bu durumların da çalışma sonuçlarını etkileyebileceğini düşünmekteyiz. Mevcut çalışmada eşit yoğunlukta, skolyoza ait özellikleri, koronal spinal radyolojik parametreleri, deformite algıları ve yaşam

kalitesi skorları benzer olan bireylerin dahil edilmesi araştırma sonuçlarını güçlendirebileceği düşünmekteyiz. Ayrıca İS' li bireylerde yalnızca motor görev temelli paradigmalar yerine sensöriyel görev temelli paradigmaların da araştırılması gerektiğini düşünmekteyiz. İS' de meydana gelen posterior kolon disfonksiyonu, değişen somatosensöriyel cevaplar, proprioseptif/ vestibüler disfonksiyonu, statik-dinamik postüral kontrol yetersizliği ve interhemisferik network asimetrisinin kortikal duyusal sahalarda değişikliklere primer ya da sekonder olarak neden olabileceği düşünülmektedir. Skolyozlu bireylerde duyusal kortikal alan aktivasyonlarının incelendiği ileriki araştırmalara ihtiyaç vardır.

FMR çalışmalarının maliyetinin yüksek olması, görüntülerin işlemleme sürecinin çok uzun zaman olması, erişimin zor olması ve deneyimli radyoloji ekibi ile çekimin yapılma gerekliliği gibi dezavantajları ile objektif sonuçlar sağlaması, beyin görüntüleme tekniklerinde geçerli ve güvenilir bir yöntem olması, 1 mm3 'ten daha küçük alanları gösterebilme özelliği ve uzaysal çözünürlüğünün yüksek olması gibi avantajları nedeniyle örneklem büyüklüğü az sayıda (5- 10) birey ile tamamlanmaktadır. Gelecekte FMRG' ye olan erişim kolaylığı, maliyetlerin düşmesi, nörobilim araştırmalarının yaygınlaşması ve görüntü işleme programlarının daha hızlı ve kolay yazılımlar aracılığıyla gerçekleştirilmesi, çalışmalardaki örneklem büyüklüğünü arttırarak daha net sonuçların görülmesine katkı sağlayabilir. Skolyozlu bireylerde kortikal aktivasyonun etkilerinin, vücut yapı ve fonksiyonlarında meydana gelen değişim ile ilişkisini, propriosepsiyon, deformite algısı ve terapatik yaklaşımların etkisinin araştırıldığı ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Gövde Enduransı

AİS' li bireylerde omurgadaki lateral deviasyonun, kasın histolojik ve morfolojik özelliklerinde değişime yol açtığı ve konkav taraftaki kasların kuvvet ve enduransının sağlıklı bireylere göre daha az olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada 26 sağlıklı ve 14 AİS' li bireyin izometrik gövde rotasyon kas kuvveti Biodex 3 pro cihazı ile farklı pozisyonlarda ölçülmüş ve AİS'li bireylerin gövde izometrik rotasyon kuvvetinin sağlıklı bireylere kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir (164). Bir diğer araştırmada, AİS' li ve sağlıklı bireylerin gövde kas enduransları karşılaştırılmış ve araştırmanın sonucunda AİS' li bireylerin gövde

fleksör ve ekstansör kas enduransının kontrol grubundaki bireylere göre daha düşük olduğunu bulunmuştur (165). Korse ile tedavi edilen AİS' li bireylerde tedavi müdahalesinden 20 yıl sonra bile lomber fleksör ve ekstansör kas enduransının azaldığı bildirilmiştir (166). Ancak kısa dönemde (6 aylık periyot) rijit korse kullanımının İS' li adölesan kadınlarda sırt kaslarının kuvvetini veya enduransının etkilemediği de bulunmuştur (167). Domenech ve ark. tarafından yapılan skolyozlu bireylerde yapılan tek FMRG çalışmasında, skolyozlu bireylerde sağlıklı bireylere göre SMA' da daha fazla sinyal artışının olduğu (162, 163) bulunmuştur ve AİS' li bireylerde SMA' daki sinyal artışının postüral kaslarda distoniye neden olabileceği yazarlar tarafından öne sürülmüştür. Çalışmamızda literatür sonuçları ile uyumlu olarak, AİS' li bireylerde gövde fleksör ve ekstansör kas enduransının sağlıklı bireylere göre anlamlı şekilde azaldığı bulundu. Kas enduransında meydana gelen bu kayıpların AİS' li bireylerde paraspinal kasların boy uzunlukları ve çekiş açılarının değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca paraspinal kas zayıflığı ve gövde kaslarındaki asimetrik endurans/kuvvet kombinasyonunun, spinal deformitenin gelişiminde veya progresyonunda da önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (168). Domenech ve ark. 'nın çalışmasına ait sonuçlardan farklı olarak, çalışmamızda skolyozlu bireylerde motor görev sırasında kontralateral hemisferde motor kortikal sinyallerin benzer olduğu bulundu. Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak, skolyozlu bireylerin benzer kortikal aktivasyona sahip oldukları düşünüldüğünde, postüral kaslarda meydana gelen statik endurans kaybının biyomekanik faktörlerle daha yakından ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. İdiyopatik skolyozlu bireylerin kişiye özel olarak planlanan rehabilitasyon programına ilgili spesifik değerlendirmeleri takiben gövde kas enduransını geliştirmeye yönelik egzersizlerin dahil edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yürüyüşün Zaman-Mesafe Karakteristikleri

AİS' li bireylerde yürüyüş asimetrisi eğri yönü, eğri büyüklüğü veya vertebral rotasyon ile ilişkili olmadığı gösterilmiştir. Bu sonuç idiyopatik skolyozlu bireylerin merkezi sinir sisteminin fonksiyonel asimetrilerini tanımlıyor olmasına rağmen, yürüyüş üzerinde sürekli bir etkiye sahip görünmediği şeklinde yorumlanmıştır (169). Bir başka çalışmada anormal somatosensoriyel uyarılmış potansiyel (SSEP) değerleri

olan AİS' li bireylerde yer reaksiyon kuvveti değerlerine ilişkin bazı parametrelerin eğrinin konveks tarafında konkav tarafa göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sadece anormal SSEP değerlerine sahip olan AİS' li bireylerde, eğrinin yönü ile ilişkili yürüme parametrelerinde anlamlı asimetrilerin bulunması somatosensoriyel yolakların bozulmasına ve bu durumun dinamik koşullar altında postüral kontrole ait daha kötü sonuçlara neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır (9). Farklı eğri tiplerinin dahil edildiği bir çalışmada, AİS' li bireylerin adım uzunluklarının sağlıklı bireylere göre azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, normal bir yürüyüş sırasında sağ ve sol adım uzunluklarının simetrik olması beklenirken, AİS' li bireylerin sağ adım uzunluğunun sola göre bir miktar daha kısa olduğu belirtilmiştir (170, 171). AİS' li bireylerin, sağlıklı yaşıtlarıyla kadans bakımından benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca kadans ve adım uzunluğunda farklılıklar olmasının, klinik anlamda hastalarda gözlemlenebilir etkiler oluşturmadığı ifade edilmiştir (24, 27). Skolyoz deformitesinin yürüyüş parametreleri ve yürüyüş sırasındaki enerji harcaması üzerindeki etkisini araştıran bir derlemede, skolyozlu bireylerde sağlıklı bireylere göre yürüme hızı, kadans ve adım genişliğinde anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, İS' li bireylerde azalmış pelvis ve kalça hareketleri nedeniyle, artmış enerji maliyeti, adımlama asimetrisine ve yer reaksiyon kuvveti asimetrisinin olduğu bildirilmiştir (172).

Güncel bir meta-analizde AİS' li bireylerin sağlıklı kontrollere kıyasla duruş fazı ve frontal pelvik hareketin anlamlı derecede azaldığı tespit edilmiştir. Yürüyüş hızı, adım uzunluğu, kadans, sagital pelvik hareket ve transvers pelvik hareket için anlamlı bir fark gözlenmemiştir (173). Lenke sınıflamasına göre farklı eğrilik paternlerine sahip AİS' li bireylerin dahil edildiği bir çalışmada, hastaların yürüyüş hızı ve kadans bakımından farklılık göstermediği, ancak sağlıklı kontrol grubuna göre yürüyüş hızında ve kadansında azalma olduğu ifade edilmiştir (174). Farklı eğri tipi ve şiddetinine sahip AİS' li bireyler ile sağlıklı kontrollerin karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada, çift eğrili bireylerin, pelvik deformite ve eğri şiddeti ile bağlantılı olarak yürüyüş asimetrisi sergilediği ve eğri şiddeti arttıkça yürüme hızının ve kadansın kontrol grubuna göre azaldığı belirtilmiştir (171). AİS' li bireylerde vücudun kütle merkezinin artan lateral yer değiştirmesi yürüme sırasında vücudun dinamik dengesini etkileyen ve AİS' in bir sonucu olan zayıf vücut segmentleri ile ilişkilendirilmiştir

(175). Ayrıca AİS' li bireylerde yürüyüşün zaman- mesafe parametreleri, yer reaksiyon kuvvetleri ve alt ekstremite eklemlerinin kinematiği dahil yürüme mekaniğinin etkilendiği gösterilmiştir (24, 169, 176, 177). Bu tür kinematik değişikliklerin, yürüyüş sırasında tüm vücut dengesini korumak için bir kompansatuvar mekanizma olduğu düşünülmektedir (178-180).

Mevcut çalışmada, literatür sonuçları ile uyumlu olarak AİS'li bireylerde yürüyüş hızı, kadans ve adım süresi gibi yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinde sağlıklı bireylerde göre farklılığın olmadığı ancak çift eğriliği olan İS' li bireylerde, sağlıklı bireylere göre sol adım uzunluğunun anlamlı şekilde azaldığı bulundu. Çift eğriliklerde sağ torakal rotasyon ve deviasyon ile sol lumbar deviasyon ve rotasyonun tek eğriliklere kıyasla eğrilik şiddetini ve deformite miktarını artırdığı, pelvik ve kalça frontal plan hareketlerinin azalması ile ilişki olarak sol adım uzunluğunun kısaldığını düşünmekteyiz. Tek eğrilik paternine sahip bireylerde sağlıklı bireylere göre belirgin bir yürüyüş asimetrisinin olmadığı bulundu. Motor kortikal aktivasyon bakımından grupların benzer olduğu düşünüldüğünde, meydana gelen adım uzunluğu asimetrisinin toraks morfolojisindeki biyomekaniksel değişim, pelvik ve kalça frontal hareketlerinde azalma, gravite merkezindeki yer değişimi ve bu biyomekaniksel değişimlerle ilişkili diz ve ayak yer reaksiyon kuvvetlerinde meydana gelen farklılıkların yürüyüş asimetrisine neden olabileceği ve yürüyüş asimetrisinin motor kortikal yanıtlardan ziyade biyomekaniksel değişim ile daha yakından ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca mevcut çalışmaya dahil edilen skolyozlu bireylerin cobb açısının ve rotasyon miktarlarının nispeten düşük olması bu sonuçları etkileyebileceğinden ileriki araştırmalarda yüksek şiddetli eğriliklerin yürüyüş üzerine etkilerinin araştırılmasına gereksinim vardır.

Statik Denge

AİS' li bireylerde denge fonksiyonun bozulduğu ve denge disfonksiyonu ile skolyoz şiddetinin ilişkili olduğu bildirilmiştir (181). Chen ve arkadaşları, AİS' li bireylerin sağlıklı bireylere kıyasla daha fazla salınım alanı, lateral ve sagital salınım ile karakterize daha zayıf bir statik denge kontrolüne sahip olduğunu göstermiştir (27). Çalışmalar AİS' li bireylerde görsel geribildirim kaldırılıp propriosepsiyon sorgulandığında, bu bireylerde vücut salınımlarının anlamlı olarak arttığı bildirilmiştir

(182, 183). AİS' de proprioseptif (somatosensoriyel) sistem zorlandığında bulunan bozulmuş statik denge, anormal somatosensoriyel kortikal uyarılmış potansiyeller ile ilişkili olabileceği raporlanmıştır (9). Skolyozlu bireylerin kombine görsel ve proprioseptif fonksiyonel testlerde (184) ve uzaysal oryantasyon testlerinde (182) zayıf performans gösterdiği bilinmektedir. Wu ve arkadaşları, Lenke Tip 1 eğriliği olan AİS' li bireylerde konkav taraftaki ekstremite üzerinde ağırlık aktarma transferi sırasında denge kaybı riskinin arttığını ve postüral kontrolün deformite şiddeti ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar, Lenke tip 1 AİS' deki torasik omurga deformitesinin denge kontrolünü etkilediğini ve bu tür hasta gruplarının yönetiminde artan denge kaybı riskinin belirtileri açısından izlenmesi gerektiği rapor edilmiştir (28).

Mevcut çalışmanın sonuçları Wu ve ark. çalışması ile uyumlu olarak, sağ torasik eğri paternine sahip AİS' li bireylerin diğer eğrilik paternine sahip bireyler ve sağlıklı katılımcılara göre, konkav taraf ekstremite üzerinde tek ayak duruş süresinin azaldığı bulundu. Primer sağ torasik eğriliği olan bireylerde vücut kütle merkezinin sağa doğru yer değiştirmesi ve bu durumun sol tek ayak üzerinde duruş süresini kısaltması biyomekaniksel olarak düşünüldüğünde beklenen bir cevaptı. Diğer eğrilik paternleri incelendiğinde çift eğrilikte kütle merkezindeki değişimin tek eğrilikler kadar belirgin olmadığı, bu durumun da sağ ve sol tek ayak üzerinde duruş sürelerini etkilemediğini düşündürmektedir. Sol lumbar eğriliği olan bireylerde ise vücut kütle merkezinin sola yer değiştirmesi ile sol ayak üzerinde duruş süreleri daha uzun iken sağ ayak üzerinde duruş süreleri daha kısa olduğu klinik olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda bireylerin motor görev sırasında kortikal sinyallerinin benzer olması, dengede meydana gelen bu değişimin, motor kortikal değişimden ziyade somatosensöriyel, proprioseptif veya vestibüler sistemlerdeki bozukluk ya da biyomekaniksel değişikliklerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle torakal bölgeyi içine alan tek eğriliğe sahip idiyopatik skolyozlu bireylerde denge ve denge ile ilişkili sistemlerin detaylı değerlendirilmesinin ve 3 boyutlu düzeltme eğitimleri ile birlikte denge ve denge reaksiyonlarını geliştirecek egzersizlerin rehabilitasyon programlarına dahil edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Dinamik Denge- Propriosepsiyon

Chen Z ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, idiyopatik ve konjenital skolyozu olan bireyler dahil edilerek somatosensoriyel uyarılmış potansiyel ile posterior kolonun fonksiyonunu değerlendirilmiştir. Konjenital skolyozun vertebral malformasyona bağlı görüldüğü düşünüldüğünde bu hasta grubunda nörolojik bulgular beklenirken, İS' de bu bulguların olmaması gerektiği düşünülmüştür. İS' li hasta grubunun %32.6'sında, konjenital skolyoz grubun ise %12' inde anormal SSEP değerlerinin olduğu tespit edilerek gruplar arasında anlamlı farklılığın olduğu rapor edilmiştir. Çalışmanın sonucunda posterior kolon disfonksiyonunun AİS' in primer nedeni olabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada İS' in somatosensoriyel bozukluğu olan ve olmayan şeklinde 2 grupta incelenebileceği de önerilmiştir (8). SSEP anormalliği ilk olarak Schneider ve ark. tarafından rapor edilerek opere olmayan 45 hastanın 26'sında (%57.8) anormal SSEP sonuçlarının olduğu bildirmiştir (185). Hausmann ve ark., AİS' li 100 hastanın 61' inin sağlıklı kontrollere göre daha uzun SSEP latansı gösterdiğini bulmuştur (186). AİS' li 147 hastanın 17' sinde anormal SSEP olduğu bildirilmiş ve somatosensoriyel yol disfonksiyonunun AİS' nin nedeni olabileceği öne sürülmüştür (159, 160, 187). Çalışmalar, %27.6- %56' ya varan bir insidansla, AİS' li hastalarda SSEP sonuçlarında gecikme olduğunu göstermiştir (159, 160, 186). Ayrıca AİS' li hastalarda SSEP ile ilişki olabilecek anormal denge ve propriyosepsiyon cevaplarının da olduğu bildirilmiştir (188). Genel olarak, İS' li hastalarda anormallik gösterilen beyin bölgeleri, motor kontrol, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerde yer alan fonksiyonel sahalar ile örtüşmektedir. İS' li hastalarda vestibular sistem anormalliklerinin olduğu da rapor edilmiştir (15, 16).

Çalışmamızda, idiyopatik skolyozlu bireylerin dinamik denge parametrelerinden biri olan yer değiştirme miktarının sağlıklı bireylere göre daha fazla olduğu bulundu. Denge; görsel, somatosensoriyel ve vestibüler sistemlerden gelen entegre girdilere bağlıdır. Bu nedenle somatosensoriyel yolakların disfonksiyonu somatosensoriyel sistem zorlandığında bozulmuş postüral denge mekanizmasına neden olabilir ve bu bozulmuş denge skolyozun etiyolojisinde veya gelişiminde rol oynayabilir. Bozulmuş denge, daha fazla vücut salınımına neden olacaktır. İS' li bireylerde dinamik denge ve proprioseptif farkındalığın geliştirilmesinin rehabilitasyon programlarının başarısının artırılmasında önemli bir yer edineceği

düşünülmektedir. Bu bireylerde beden farkındalık terapileri ve 3 boyutlu düzeltmelerin farklı dinamik pozisyonlarda uygulanmasının proprioseptif ve/veya vestibüler farkındalığın geliştirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kozmetik Deformite Algılaması

Cobb açısının 40 dereceden fazla olması zayıf bir vücut imaj algısı için risk faktörü olarak tanımlanmıştır (189). WRVAS 'ın artan puanları eğri büyüklüğü ve tedavi yaklaşımı ile önemli ölçüde ilişkili olduğu, ebeveynlerin kosta deformitesi ve omuz asimetrisini skolyozlu bireylere göre daha fazla algıladığı bildirilmiştir (142, 143). WRVAS puanlarının belirli eğri paternlerine göre incelendiği bir çalışmada, deformite algısının torasik, çift majör ve torakolomber eğri paternleri arasında farklılık göstermediği bulunmuştur. Ancak çalışmada torakolomber eğri paternine sahip grubun Cobb açısının diğer gruplara göre anlamlı derecede küçük olduğu da bildirilmiştir (190). Lenke sınıflamasına göre farklı eğrilik paternlerinin (67 tip 1, 11 tip 2, 48 tip 3, 6 tip 4, 37 tip 5 ve 17 tip 6) dahil edildiği bir çalışmada, deformite algısının değerlendirilmesinde kullanılan TAPS puanında gruplar arasında fark olmadığı bulunmuştur (191). Eğri paternine göre tek eğrilik (torakal, torakolumbar veya lumbar), çift eğrilik (çift torakal ve torakal-torakolumbar/ lumbar) ve üçlü eğriliklerin dahil edildiği bir diğer çalışmada, eğri paterni ile SRS-22 anketi ile değerlendirilen görünüm (self-imaj) parametresi arasında bir ilişki olmadığı ifade edilmiştir (189). Mevcut çalışmada literatür bulguları ile uyumlu olarak İS' li adölesan kadın bireylerde deformite algısının eğrilik paternine göre değişmediği bulundu. Her bir eğri paterninin skolyozlu bireylerde farklı kozmetik deformite algısı oluşturduğu düşünüldüğünde sonuçların benzer çıkması beklenen bir sonuçtu. Aynı zamanda mevcut çalışmaya eğriliğin büyüklüğü, rotasyon miktarı ve koronal spinal parametrelerin benzer olan grupların dahil edilmesi bu sonuçların elde edilmesi ile ilişki olabilir. Eğrilik paternine bakılmaksızın deformite algısının rehabilitasyon programına başlamadan önce değerlendirilmesi ve rehabilitasyon sürecinde aralıklı takiplerinin yapılması bireylerin deformite algısının yönetilmesinde önemli bir yere sahiptir.

Yaşam Kalitesi

Asher ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, torasik, çift ve torakolomber eğri patern grupları yaşam kalitesi skorları bakımından karşılaştırılmış ve eğri paterni ile SRS-22 skorları ve alt parametreleri arasında herhangi bir korelasyon bulunmamıştır (189). Bir diğer çalışmada, torasik (tek ve çift), torakolumbar ve lumbar eğrilik paternlerine göre SRS-22' nin alt parametreleri olan fonksiyon, ağrı, görünüm ve mental sağlık skorları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda eğri paterninin SRS-22 alt parametrelerine ait sonuçları değiştirmediği rapor edilmiştir (192). Beş farklı eğri paterninin (tek torasik, tek torakolumbar/lumbar, çift torasik, çift major ve üçlü major) dahil edildiği bir diğer çalışmada, üçlü major eğriliğe sahip bireylerin tek torasik, tek torakolumbar/lumbar ve çift major eğri paternlerine göre, görünüm ve fonksiyon skorlarının daha düşük olduğu bulunmuştur (193). Bu çalışmada omurgayı etkileyen üçlü major eğrilik paterninin neden olduğu önemli kozmetik rahatsızlığın ve fonksiyonel yetersizliğin ön plana çıktığı görülmektedir. Çalışmamızda literatür sonuçları ile uyumlu olarak, farklı eğrilik paternlerinin (torakal, lumbar ve çift eğrilik) SRS-22 ve alt parametrelerine ait skorları değiştirmediği bulundu. Yaşam kalites skorları skolyozlu bireylerin günlük yaşamdaki fonksiyonel seviyelerinin, sosyal katılımlarının ve bireyin kendi vücut algısını sosyal ve psikolojik etkilerinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. AİS' li hastaların biyopsikososyal bakış açısıyla rehabilite edilmesinde ve tedavi sonuçlarına etkilerinin izlenmesinde yaşam kalitesi skorlarının eğrilik paternine ve eğriliğin büyüklüğüne bakılmaksızın değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Chirai Malformasyonu ile Kombine Syrinks Saptanan Bir Hasta

Mevcut çalışmada bir hastada Chirai malformasyonu ile kombine syrinx saptandı. Nörolojik olarak herhangi bir bulgu vermeyen skolyozlu birey çekilen MRG sonrası uzman hekimin değerlendirmesi ile teşhis edilerek çalışmadan dışlandı ve ilgili hasta nöroşirurji uzmanına yönlendirildi. Chiari tip 1 malformasyonu ile ilişkili servikotorasik syrinks, idiyopatik skolyozlu hastalarda daha sık görüldüğü bildirilmiştir (194-196). Güncel olarak yapılan bir cohort derlemesinde, erken başlangıçlı skolyoz tedavisinden önce MRG yapılan hastaların üçte ikisinde, anormal MRG bulgusu prevalansının %24 olduğu bulunmuştur. Chiari malformasyonlu syrinx,

anormal bulguların en sık görülen kombinasyonu olduğu bildirilmiştir. Anormalliklerin türü erken başlangıçlı skolyoz tipine göre farklılık gösterdiği ve idiyopatik kaynaklı erken başlangıçlı skolyozda bu oranın %13 olduğu da ifade edilmiştir (197). Kesitsel karşılaştırmalı bir çalışmada, ağrı şikâyeti ile başvuran AİS' lı hastalarda çekilen MRG sonuçlarında, %3.9'unda izole syringomyeli saptanmıştır (198). Yapılan kesitsel tanımlayıcı bir araştırmada, şiddetli olmayan spinal deformiteye sahip idiyopatik skolyoz, nörolojik olarak sağlam olsa bile intraspinal nöral eksen anormallikleri ile ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (199). Ancak bizim vakamızda çalışmanın aksine ağrı şikâyeti bulunmuyordu. Diğer çalışmalarla uyumlu olarak nörolojik olarak herhangi bir nörolojik bulgu uzman hekim muayenesi ile tespit edilmemesine rağmen böylesi bir problem MRG çekimi sonrasında tespit edilmiştir. Skolyozlu bireylerde torasik ve lomber skolyozun değerlendirilmesinde tüm omurga MRG' nin düşünülmesi yararlı görünmektedir (199).

Çalışmanın limitasyonları ve güçlü yanları

Çalışmamıza ait bazı limitasyonlar bulunmaktadır. İlk olarak, çalışmamıza AİS' de en sık rastlanan eğri paternleri dahil edildi. Daha az sıklıkta rastlanan diğer eğri paternleri de dahil edilerek sonuçlar değerlendirilebilirdi. İkincil olarak, dengenin değerlendirilmesinde daha objektif ölçümler sunan denge değerlendirme sistemleri kullanılabilirdi. Ancak klinik şartlarda erişim kolaylığı sunmaması ve pahalı sistemler olması nedeniyle kullanılamadı. Çalışmamızda ölçüm yaptığımız testlerin geçerli ve güvenilir olması ile bu limitasyon aşılmaya çalışıldı. Kas sertliğinin değerlendirilmesi hastaların kassal tonusu hakkında fikir sunacağı için araştırmaya eklenebilirdi. Mevcut çalışma İS' li bireylerde farklı eğri paternlerine göre bir motor görev sırasında kortikal aktiviteyi araştıran ilk çalışma niteliğindedir. Skolyozda FMRG kullanılarak kortikal aktivasyonu araştıran bilinen yalnızca bir çalışma mevcuttur. Ayrıca çalışmada kortikal aktivasyon farklılıklarına neden olabilecek periferal bazı fiziksel özellikler ile deformite algısı, yaşam kalitesi skoruları da araştırılmıştır ancak skolyozlu bireyler ile sağlıklı bireyler arasında kortikal aktivayonlar bakımından fark bulunmadı. Bu nedenle herhangi bir ilişkisel analiz sonuçları sunulamadı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İdiyopatik skolyozlu bireylerde eğrilik paternine göre motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal aktivasyonunun FMRG ile değerlendirildiği ve sağlıklı bireyler ile karşılaştırıldığı bu çalışmaya skolyoza ait özellikleri, koronal spinal parametreleri ve yaşları benzer olan idiyopatik skolyoz tanılı kadın bireyler ve benzer yaş aralığında olan sağlıklı gönüllü bireyler dahil edildi. Çalışmamızın sonuçları aşağıdaki gibidir:

- Farklı eğrilik paternlerine (PT grup, PL grup, ÇE grup) sahip İS' li bireylerde belirli bir motor görev sırasında kortikal aktivasyon sahalarının benzer olduğu bulundu. Motor görev sırasında en fazla kortikal sinyal artışının pre-central, post-central ve suplementary motor alanda olduğu tespit edildi. Eğrilik paterninden bağımsız olarak, idiyopatik skolyozlu bireyler ile sağlıklı bireyler arasında, primer motor korteks, premotor korteks ve somatosensoriyel korteksteki fonksiyonel aktivasyonların benzer olduğu belirlendi. Bu sonuçlara dayanarak çalışmamızın (H_0) ve (H_2) hipotezleri kabul edilirken ve (H_1) hipotezi reddedildi. Skolyozlu bireylerde duyusal kortikal aktivasyonun, vücut yapı ve fonksiyonlarında meydana gelen değişim ile ilişkisini, propriosepsiyon, deformite algısı ve nörorehabilitasyon temelli terapatik yaklaşımların etkisinin araştırıldığı ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.
- Eğrilik paterninden bağımsız olarak, idiyopatik skolyozlu bireylerde gövde fleksör ve ekstansör kas enduransının sağlıklı bireylere göre anlamlı şekilde azaldığı bulundu. Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak, skolyozlu bireylerin benzer kortikal aktivasyona sahip oldukları düşünüldüğünde, postüral kaslarda meydana gelen statik endurans kaybının biyomekaniksel faktörlerle daha yakından ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. İdiyopatik skolyozlu bireylerin kişiye özel olarak planlanan rehabilitasyon programına ilgili değerlendirmeleri takiben gövde kas enduransını geliştirmeye yönelik egzersizlerin eklenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Çift eğriliği (sağ torakal sol lumbar) olan idiyopatik skolyozlu bireylerde, sağlıklı bireylere göre sol adım uzunluğunun anlamlı şekilde azaldığı bulundu. Tek eğriliğe sahip bireyler ile sağlıklı bireyler arasında yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri arasında fark bulunmadı. Motor kortikal aktivasyon

bakımından grupların benzer olduğu düşünüldüğünde, meydana gelen adım uzunluğu asimetrisinin toraks morfolojisindeki biyomekaniksel değişim, pelvik ve kalça frontal hareketlerinde azalma, gravite merkezindeki yer değişimi ve bu biyomekaniksel değişimlerle ilişkili diz ve ayak yer reaksiyon kuvvetlerinde meydana gelen farklılıkların yürüyüş asimetrisine neden olabileceği ve yürüyüş asimetrisinin motor kortikal yanıtlardan ziyade biyomekaniksel değişim ile daha yakından ilişkili olabilir.

- Primer torasik eğrilik paternine sahip İS' li bireylerin diğer eğrilik paternine sahip bireyler ve sağlıklı gönüllülere göre, sol tek ayak üzerinde duruş süresinin anlamlı derecede azaldığı bulundu. Bireylerin motor görev sırasında kortikal sinyallerinin benzer olması, dengede meydana gelen bu değişimin, motor kortikal değişimden ziyade somatosensöriyel, proprioseptif veya vestibüler sistemlerdeki bozukluk ya da biyomekaniksel değişikliklerle ilişkili olabilir. Özellikle torakal bölgeyi içine alan tek eğriliğe sahip idiyopatik skolyozlu bireylerde denge detaylı şekilde değerlendirilmesinin ve 3 boyutlu düzeltme eğitimleri ile birlikte denge ve denge reaksiyonlarını geliştirecek egzersizlerin rehabilitasyon programlarına dahil edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Eğrilik paternine bakılmaksızın, idiyopatik skolyozlu bireylerin sağlıklı bireylere kıyasla dinamik denge ve proprioseptif parametrelerinden biri olan yer değiştirme miktarının daha fazla olduğu bulundu. Bu durum idiyopatik skolyozlu bireylerde proprioseptif farkındalığın azaldığını gösteren önemli bir bulgudur. İS' li bireylerde proprioseptif farkındalığın geliştirilmesinin rehabilitasyon programlarının başarısının artırılmasında önemli bir yer edineceği düşünülmektedir. Bu bireylerde beden farkındalık terapileri ve 3 boyutlu düzeltmelerin farklı dinamik pozisyonlarda uygulanmasının proprioseptif farkındalığın geliştirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.
- İdiyopatik skolyozlu adölesan kadın bireylerde deformite algısının eğrilik paternine göre değişmediği bulundu. Eğrilik paternine bakılmaksızın deformite algısının rehabilitasyon programına başlamadan önce değerlendirilmesi ve rehabilitasyon sürecinde aralıklı takiplerinin yapılması bireylerin deformite algısının yönetilmesinde önemli bir yere sahiptir.

- AİS' li kadın bireylerde eğrilik paterninin (torasik, lumbar ve çift eğrilik) SRS-22 ve alt parametrelerine ait skorları değiştirmediği bulundu. AİS' li hastaların biyopsikososyal bakış açısıyla rehabilite edilmesinde ve tedavi sonuçlarına etkilerinin izlenmesinde yaşam kalitesi skorlarının eğrilik paternine ve eğriliğin büyüklüğüne bakılmaksızın değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, İS' li bireylerde motor görev sırasında kontralateral hemisferde meydana gelen kortikal sinyallerde sağlıklı bireylere göre herhangi bir değişiklik olmadığı ve kortikal aktivasyonun eğrilik paternine göre farklılık göstermediği tespit edildi. Mevcut çalışmaya dahil edilen skolyozlu bireylerin cobb açısının ve rotasyon miktarlarının nispeten düşük olması bu sonuçları etkileyebileceğinden, yüksek şiddetli eğriliklerin kortikal aktivasyona olan etkilerinin araştırıldığı ileri çalışmalara gereksinim vardır.

AİS' in etiyolojisi tam olarak anlaşılmadığından, idiyopatik skolyoz için koruyucu ve/veya önleyici bir tedavi şu anda mevcut değildir. Mevcut tedaviler ise pragmatik temellidir ve uzun süreli korse kullanımı, egzersiz tedavileri ve/veya enstrümantasyon- spinal füzyon gibi invaziv yaklaşımları içermektedir. AİS' li bireylerde skolyoza primer veya sekonder olarak görülebilen santral sinir sistemi ile ilişkili bozukluklar düşünüldüğünde, bu alanda nörorehabilitasyon temelli egzersiz yaklaşımlarının geliştirilmesi ve etkilerinin araştırılmasına ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Lonstein JE. Adolescent idiopathic scoliosis. Lancet. 1994;344(8934):1407-12.
2. Smith JR, Sciubba DM, Samdani AF. Scoliosis: a straightforward approach to diagnosis and management. Jaapa. 2008;21(11):40-5.
3. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. Lancet. 2008;371(9623):1527-37.
4. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. Scoliosis. 2006;1:9.
5. Yılmaz H, Zateri C, Kusvuran Ozkan A, Kayalar G, Berk H. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: an epidemiological study. Spine J. 2020;20(6):947-55.
6. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. Nat Rev Dis Primers. 2015;1:15030.
7. Barton CB, Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: Springer; 2018. p. 27-50.
8. Chen Z, Qiu Y, Ma W, Qian B, Zhu Z. Comparison of somatosensory evoked potentials between adolescent idiopathic scoliosis and congenital scoliosis without neural axis abnormalities. Spine J. 2014;14(7):1095-8.
9. Lao ML, Chow DH, Guo X, Cheng JC, Holmes AD. Impaired dynamic balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and abnormal somatosensory evoked potentials. J Pediatr Orthop. 2008;28(8):846-9.
10. Simoneau M, Lamothe V, Hutin E, Mercier P, Teasdale N, Blouin J. Evidence for cognitive vestibular integration impairment in idiopathic scoliosis patients. BMC Neurosci. 2009;10:102.
11. Domenech J, García-Martí G, Martí-Bonmatí L, Barrios C, Tormos JM, Pascual-Leone A. Abnormal activation of the motor cortical network in idiopathic scoliosis demonstrated by functional MRI. Eur Spine J. 2011;20(7):1069-78.
12. Wang D, Shi L, Chu WC, Paus T, Cheng JC, Heng PA. A comparison of morphometric techniques for studying the shape of the corpus callosum in adolescent idiopathic scoliosis. Neuroimage. 2009;45(3):738-48.
13. Joly O, Rousié D, Jissendi P, Rousié M, Frankó E. A new approach to corpus callosum anomalies in idiopathic scoliosis using diffusion tensor magnetic resonance imaging. Eur Spine J. 2014;23(12):2643-9.
14. Shi L, Wang D, Hui SC, Tong MC, Cheng JC, Chu WC. Volumetric changes in cerebellar regions in adolescent idiopathic scoliosis compared with healthy controls. Spine J. 2013;13(12):1904-11.
15. Shi L, Wang D, Chu WC, Burwell GR, Wong TT, Heng PA, et al. Automatic MRI segmentation and morphoanatomy analysis of the vestibular system in adolescent idiopathic scoliosis. Neuroimage. 2011;54 Suppl 1:S180-8.

16. Rousie DL, Deroubaix JP, Joly O, Baudrillard JC, Berthoz A. Abnormal connection between lateral and posterior semicircular canal revealed by a new modeling process: origin and physiological consequences. Ann N Y Acad Sci. 2009;1164:455-7.

17. Chu WC, Lam WW, Chan YL, Ng BK, Lam TP, Lee KM, et al. Relative shortening and functional tethering of spinal cord in adolescent idiopathic scoliosis?: study with multiplanar reformat magnetic resonance imaging and somatosensory evoked potential. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(1):E19-25.

18. Chu WC, Man GC, Lam WW, Yeung BH, Chau WW, Ng BK, et al. Morphological and functional electrophysiological evidence of relative spinal cord tethering in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(6):673-80.

19. Le Blanc R, Labelle H, Forest F, Poitras B, Rivard CH. [Possible relationship between idiopathic scoliosis and morphologic somatotypes in adolescent females]. Ann Chir. 1995;49(8):762-7.

20. Cromwell RL, Aadland-Monahan TK, Nelson AT, Stern-Sylvestre SM, Seder B. Sagittal plane analysis of head, neck, and trunk kinematics and electromyographic activity during locomotion. J Orthop Sports Phys Ther. 2001;31(5):255-62.

21. Masso PD, Gorton GE, 3rd. Quantifying changes in standing body segment alignment following spinal instrumentation and fusion in idiopathic scoliosis using an optoelectronic measurement system. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(4):457-62.

22. Petersén I, Sahlstrand T, Selldén U. Electroencephalographic investigation of patients with adolescent idiopathic scoliosis. Acta Orthop Scand. 1979;50(3):283-93.

23. Sahlstrand T, Petruson B. A study of labyrinthine function in patients with adolescent idiopathic scoliosis. I. An electro-nystagmographic study. Acta Orthop Scand. 1979;50(6 Pt 2):759-69.

24. Mahaudens P, Banse X, Mousny M, Detrembleur C. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. Eur Spine J. 2009;18(4):512-21.

25. Barrack RL, Whitecloud TS, 3rd, Burke SW, Cook SD, Harding AF. Proprioception in idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1984;9(7):681-5.

26. Nault ML, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O, Labelle H, et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(17):1911-7.

27. Chen PQ, Wang JL, Tsuang YH, Liao TL, Huang PI, Hang YS. The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescents. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1998;13(1 Suppl 1):S52-s8.

28. Wu KW, Lu TW, Lee WC, Ho YT, Huang TC, Wang JH, et al. Altered balance control in thoracic adolescent idiopathic scoliosis during obstructed gait. PLoS One. 2020;15(2):e0228752.

29. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Scoliosis Spinal Disord. 2018;13:3.

30. Cobb J. Outline for the study of scoliosis. Instr Course Lect AAOS. 1948;5:261-75.

31. Goldstein LA, Waugh TR. Classification and terminology of scoliosis. Clin Orthop Relat Res. 1973(93):10-22.

32. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. Scoliosis. 2006;1(1):2.

33. Xiong B, Sevastik JA, Hedlund R, Sevastik B. Radiographic changes at the coronal plane in early scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1994;19(2):159-64.

34. Burwell RG, James NJ, Johnson F, Webb JK, Wilson YG. Standardised trunk asymmetry scores. A study of back contour in healthy school children. J Bone Joint Surg Br. 1983;65(4):452-63.

35. Brooks HL, Azen SP, Gerberg E, Brooks R, Chan L. Scoliosis: A prospective epidemiological study. J Bone Joint Surg Am. 1975;57(7):968-72.

36. Suh SW, Modi HN, Yang JH, Hong JY. Idiopathic scoliosis in Korean schoolchildren: a prospective screening study of over 1 million children. Eur Spine J. 2011;20(7):1087-94.

37. Grivas TB, Vasiliadis E, Savvidou O, Mouzakis V, Koufopoulos G. Geographic latitude and prevalence of adolescent idiopathic scoliosis. Stud Health Technol Inform. 2006;123:84-9.

38. Parent S, Newton PO, Wenger DR. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing. Instr Course Lect. 2005;54:529-36.

39. Lonstein JE. Scoliosis: surgical versus nonsurgical treatment. Clin Orthop Relat Res. 2006;443:248-59.

40. Kesling KL, Reinker KA. Scoliosis in twins. A meta-analysis of the literature and report of six cases. Spine (Phila Pa 1976). 1997;22(17):2009-14; discussion 15.

41. Axenovich TI, Zaidman AM, Zorkoltseva IV, Tregubova IL, Borodin PM. Segregation analysis of idiopathic scoliosis: demonstration of a major gene effect. Am J Med Genet. 1999;86(4):389-94.

42. Lowe TG, Edgar M, Margulies JY, Miller NH, Raso VJ, Reinker KA, et al. Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in research. J Bone Joint Surg Am. 2000;82(8):1157-68.

43. Salehi LB, Mangino M, De Serio S, De Cicco D, Capon F, Semprini S, et al. Assignment of a locus for autosomal dominant idiopathic scoliosis (IS) to human chromosome 17p11. Hum Genet. 2002;111(4-5):401-4.

44. Chan V, Fong GC, Luk KD, Yip B, Lee MK, Wong MS, et al. A genetic locus for adolescent idiopathic scoliosis linked to chromosome 19p13.3. Am J Hum Genet. 2002;71(2):401-6.

45. Justice CM, Miller NH, Marosy B, Zhang J, Wilson AF. Familial idiopathic scoliosis: evidence of an X-linked susceptibility locus. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(6):589-94.

46. Gorman KF, Julien C, Moreau A. The genetic epidemiology of idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2012;21(10):1905-19.

47. Yeung HY, Tang NL, Lee KM, Ng BK, Hung VW, Kwok R, et al. Genetic association study of insulin-like growth factor-I (IGF-I) gene with curve severity and osteopenia in adolescent idiopathic scoliosis. Stud Health Technol Inform. 2006;123:18-24.

48. Inoue M, Minami S, Nakata Y, Kitahara H, Otsuka Y, Isobe K, et al. Association between estrogen receptor gene polymorphisms and curve severity of idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(21):2357-62.

49. Stokes IA, Spence H, Aronsson DD, Kilmer N. Mechanical modulation of vertebral body growth. Implications for scoliosis progression. Spine (Phila Pa 1976). 1996;21(10):1162-7.

50. Veldhuizen AG, Wever DJ, Webb PJ. The aetiology of idiopathic scoliosis: biomechanical and neuromuscular factors. Eur Spine J. 2000;9(3):178-84.

51. Smit TH. Adolescent idiopathic scoliosis: The mechanobiology of differential growth. JOR Spine. 2020;3(4):e1115.

52. Moreau A, Wang DS, Forget S, Azeddine B, Angeloni D, Fraschini F, et al. Melatonin signaling dysfunction in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(16):1772-81.

53. Wang WW, Man GC, Wong JH, Ng TB, Lee KM, Ng BK, et al. Abnormal response of the proliferation and differentiation of growth plate chondrocytes to melatonin in adolescent idiopathic scoliosis. Int J Mol Sci. 2014;15(9):17100-14.

54. Lowe T, Lawellin D, Smith D, Price C, Haher T, Merola A, et al. Platelet calmodulin levels in adolescent idiopathic scoliosis: do the levels correlate with curve progression and severity? Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(7):768-75.

55. Acaroglu E, Akel I, Alanay A, Yazici M, Marcucio R. Comparison of the melatonin and calmodulin in paravertebral muscle and platelets of patients with or without adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(18):E659-63.

56. Balioglu MB, Aydin C, Kargin D, Albayrak A, Atici Y, Tas SK, et al. Vitamin-D measurement in patients with adolescent idiopathic scoliosis. J Pediatr Orthop B. 2017;26(1):48-52.

57. Shohat M, Shohat T, Nitzan M, Mimouni M, Kedem R, Danon YL. Growth and ethnicity in scoliosis. Acta Orthop Scand. 1988;59(3):310-3.

58. Clark EM, Taylor HJ, Harding I, Hutchinson J, Nelson I, Deanfield JE, et al. Association between components of body composition and scoliosis: a prospective cohort study reporting differences identifiable before the onset of scoliosis. J Bone Miner Res. 2014;29(8):1729-36.

59. Tam EM, Yu FW, Hung VW, Liu Z, Liu KL, Ng BK, et al. Are volumetric bone mineral density and bone micro-architecture associated with leptin and soluble leptin receptor levels in adolescent idiopathic scoliosis?--A case-control study. PLoS One. 2014;9(2):e87939.

60. Cheung CS, Lee WT, Tse YK, Lee KM, Guo X, Qin L, et al. Generalized osteopenia in adolescent idiopathic scoliosis--association with abnormal pubertal growth, bone turnover, and calcium intake? Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(3):330-8.

61. Cheng JC, Qin L, Cheung CS, Sher AH, Lee KM, Ng SW, et al. Generalized low areal and volumetric bone mineral density in adolescent idiopathic scoliosis. J Bone Miner Res. 2000;15(8):1587-95.

62. Hung VWY, Qin L, Cheung CSK, Lam TP, Ng BKW, Tse YK, et al. Osteopenia: a new prognostic factor of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(12):2709-16.

63. Cheng JC, Tang SP, Guo X, Chan CW, Qin L. Osteopenia in adolescent idiopathic scoliosis: a histomorphometric study. Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(3):E19-23.

64. Valteau B, Grimard G, Londono I, Moldovan F, Villemure I. In vivo dynamic bone growth modulation is less detrimental but as effective as static growth modulation. Bone. 2011;49(5):996-1004.

65. Lee WT, Cheung CS, Tse YK, Guo X, Qin L, Ho SC, et al. Generalized low bone mass of girls with adolescent idiopathic scoliosis is related to inadequate calcium intake and weight bearing physical activity in peripubertal period. Osteoporos Int. 2005;16(9):1024-35.

66. Goździalska A, Jaśkiewicz J, Knapik-Czajka M, Drąg J, Gawlik M, Cieśla M, et al. Association of Calcium and Phosphate Balance, Vitamin D, PTH, and Calcitonin in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(8):693-7.

67. El-Hawary R, Chukwunyerenwa C. Update on evaluation and treatment of scoliosis. Pediatr Clin North Am. 2014;61(6):1223-41.

68. Hresko MT. Idiopathic scoliosis in adolescents. N Engl J Med. 2013;368(9):834-41.

69. Muhonen MG, Menezes AH, Sawin PD, Weinstein SL. Scoliosis in pediatric Chiari malformations without myelodysplasia. J Neurosurg. 1992;77(1):69-77.

70. Côté P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(7):796-802; discussion 3.

71. Hresko MT, Talwalkar V, Schwend R. Early Detection of Idiopathic Scoliosis in Adolescents. J Bone Joint Surg Am. 2016;98(16):e67.

72. Bunnell WP. Outcome of spinal screening. Spine (Phila Pa 1976). 1993;18(12):1572-80.

73. Margalit A, McKean G, Constantine A, Thompson CB, Lee RJ, Sponseller PD. Body Mass Hides the Curve: Thoracic Scoliometer Readings Vary by Body Mass Index Value. J Pediatr Orthop. 2017;37(4):e255-e60.

74. Hamad A, Ahmed EB, Tsirikos AI. Adolescent idiopathic scoliosis: a comprehensive approach to aetiology, diagnostic assessment and treatment. Orthop Trauma. 2017;31(6):343-9.

75. Ashworth MA, Hancock JA, Ashworth L, Tessier KA. Scoliosis screening. An approach to cost/benefit analysis. Spine (Phila Pa 1976). 1988;13(10):1187-8.

76. Coelho DM, Bonagamba GH, Oliveira AS. Scoliometer measurements of patients with idiopathic scoliosis. Braz J Phys Ther. 2013;17(2):179-84.

77. Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, Browne RH, Mooney JF, 3rd, Arnold KD, et al. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. J Bone Joint Surg Am. 2008;90(3):540-53.

78. Herring JA, Tachdjian M. Pediatric orthopaedics. Philadelphia: W B Saunders. 2002.

79. Wills BP, Auerbach JD, Zhu X, Caird MS, Horn BD, Flynn JM, et al. Comparison of Cobb angle measurement of scoliosis radiographs with preselected end vertebrae: traditional versus digital acquisition. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(1):98-105.

80. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, Munk PL, Vertinsky AT, Heran MK, et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review. AJR Am J Roentgenol. 2010;194(3 Suppl):S8-22.

81. Pruijs JE, Hageman MA, Keessen W, van der Meer R, van Wieringen JC. Variation in Cobb angle measurements in scoliosis. Skeletal Radiol. 1994;23(7):517-20.

82. Morrissy RT, Goldsmith GS, Hall EC, Kehl D, Cowie GH. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. J Bone Joint Surg Am. 1990;72(3):320-7.

83. Nash CL, Jr., Moe JH. A study of vertebral rotation. J Bone Joint Surg Am. 1969;51(2):223-9.

84. Mangone M, Raimondi P, Paoloni M, Pellanera S, Di Michele A, Di Renzo S, et al. Vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis calculated by radiograph and back surface analysis-based methods: correlation between the Raimondi method and rasterstereography. Eur Spine J. 2013;22(2):367-71.

85. Weiss HR. Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. Eur Spine J. 1995;4(1):34-8.

86. Lam GC, Hill DL, Le LH, Raso JV, Lou EH. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. Scoliosis. 2008;3:16.

87. Escott BG, Ravi B, Weathermon AC, Acharya J, Gordon CL, Babyn PS, et al. EOS low-dose radiography: a reliable and accurate upright assessment of lower-limb lengths. J Bone Joint Surg Am. 2013;95(23):e1831-7.

88. Ilharreborde B, Ferrero E, Alison M, Mazda K. EOS microdose protocol for the radiological follow-up of adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2016;25(2):526-31.

89. Do T, Fras C, Burke S, Widmann RF, Rawlins B, Boachie-Adjei O. Clinical value of routine preoperative magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. A prospective study of three hundred and twenty-seven patients. J Bone Joint Surg Am. 2001;83(4):577-9.

90. Diab M, Landman Z, Lubicky J, Dormans J, Erickson M, Richards BS. Use and outcome of MRI in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2011;36(8):667-71.

91. Abul-Kasim K, Overgaard A, Karlsson MK, Ohlin A. Tonsillar ectopia in idiopathic scoliosis: does it play a role in the pathogenesis and prognosis or is it only an incidental finding? Scoliosis. 2009;4:25.

92. Kong Y, Shi L, Hui SC, Wang D, Deng M, Chu WC, et al. Variation in anisotropy and diffusivity along the medulla oblongata and the whole spinal cord in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study using diffusion tensor imaging. AJNR Am J Neuroradiol. 2014;35(8):1621-7.

93. Liu T, Chu WC, Young G, Li K, Yeung BH, Guo L, et al. MR analysis of regional brain volume in adolescent idiopathic scoliosis: neurological manifestation of a systemic disease. J Magn Reson Imaging. 2008;27(4):732-6.

94. Wang D, Shi L, Liu S, Hui SC, Wang Y, Cheng JC, et al. Altered topological organization of cortical network in adolescent girls with idiopathic scoliosis. PLoS One. 2013;8(12):e83767.

95. Wang D, Shi L, Chu WC, Burwell RG, Cheng JC, Ahuja AT. Abnormal cerebral cortical thinning pattern in adolescent girls with idiopathic scoliosis. Neuroimage. 2012;59(2):935-42.

96. Ogawa S, Lee TM, Nayak AS, Glynn P. Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance image of rodent brain at high magnetic fields. Magn Reson Med. 1990;14(1):68-78.

97. Kwong KK, Hopkins AL, Belliveau JW, Chesler DA, Porkka LM, McKinstry RC, et al. Proton NMR imaging of cerebral blood flow using H2(17)O. Magn Reson Med. 1991;22(1):154-8.

98. Turner R, Howseman A, Rees GE, Josephs O, Friston K. Functional magnetic resonance imaging of the human brain: data acquisition and analysis. Exp Brain Res. 1998;123(1-2):5-12.

99. Sabbah P, Simond G, Levrier O, Habib M, Trabaud V, Murayama N, et al. Functional magnetic resonance imaging at 1.5 T during sensorimotor and cognitive task. Eur Neurol. 1995;35(3):131-6.

100. Lindauer U, Dirnagl U, Füchtemeier M, Böttiger C, Offenhauser N, Leithner C, et al. Pathophysiological interference with neurovascular coupling - when imaging based on hemoglobin might go blind. Front Neuroenergetics. 2010;2.

101. Kemik K, Ada E. Fonksiyonel manyetik rezonans goruntuleme veri analizi ve guvenilirligi/Data analysis and reliability in functional magnetic resonance imaging. Turk J Radiol. 2018;37(3):39-47.

102. Buxton RB, Uludağ K, Dubowitz DJ, Liu TT. Modeling the hemodynamic response to brain activation. Neuroimage. 2004;23 Suppl 1:S220-33.

103. Handwerker DA, Gonzalez-Castillo J, D'Esposito M, Bandettini PA. The continuing challenge of understanding and modeling hemodynamic variation in fMRI. Neuroimage. 2012;62(2):1017-23.

104. Amaro E, Jr., Barker GJ. Study design in fMRI: basic principles. Brain Cogn. 2006;60(3):220-32.

105. Miezin FM, Maccotta L, Ollinger JM, Petersen SE, Buckner RL. Characterizing the hemodynamic response: effects of presentation rate, sampling procedure, and the possibility of ordering brain activity based on relative timing. Neuroimage. 2000;11(6 Pt 1):735-59.

106. Huettel SA, Song AW, McCarthy G. Functional magnetic resonance imaging: Sinauer Associates Sunderland, MA; 2004.

107. Wang L, Chen D, Olson J, Ali S, Fan T, Mao H. Re-examine tumor-induced alterations in hemodynamic responses of BOLD fMRI: implications in presurgical brain mapping. Acta Radiol. 2012;53(7):802-11.

108. van der Zwaag W, Francis S, Head K, Peters A, Gowland P, Morris P, et al. fMRI at 1.5, 3 and 7 T: characterising BOLD signal changes. Neuroimage. 2009;47(4):1425-34.

109. Triantafyllou C, Hoge RD, Krueger G, Wiggins CJ, Potthast A, Wiggins GC, et al. Comparison of physiological noise at 1.5 T, 3 T and 7 T and optimization of fMRI acquisition parameters. Neuroimage. 2005;26(1):243-50.

110. Bandettini PA, Wong EC, Hinks RS, Tikofsky RS, Hyde JS. Time course EPI of human brain function during task activation. Magn Reson Med. 1992;25(2):390-7.

111. Gorno-Tempini ML, Hutton C, Josephs O, Deichmann R, Price C, Turner R. Echo time dependence of BOLD contrast and susceptibility artifacts. Neuroimage. 2002;15(1):136-42.

112. Stroman PW, Filippi M. Functional MRI of the Spinal Cord. fMRI Techniques and Protocols: Springer; 2009. p. 811-35.

113. Soares JM, Magalhães R, Moreira PS, Sousa A, Ganz E, Sampaio A, et al. A Hitchhiker's Guide to Functional Magnetic Resonance Imaging. Front Neurosci. 2016;10:515.

114. Craddock RC, Jbabdi S, Yan CG, Vogelstein JT, Castellanos FX, Di Martino A, et al. Imaging human connectomes at the macroscale. Nat Methods. 2013;10(6):524-39.

115. Biswal B, Yetkin FZ, Haughton VM, Hyde JS. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. Magn Reson Med. 1995;34(4):537-41.

116. Raichle ME. A paradigm shift in functional brain imaging. J Neurosci. 2009;29(41):12729-34.

117. van den Heuvel MP, Hulshoff Pol HE. Exploring the brain network: a review on resting-state fMRI functional connectivity. Eur Neuropsychopharmacol. 2010;20(8):519-34.

118. Fox MD, Snyder AZ, Vincent JL, Corbetta M, Van Essen DC, Raichle ME. The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005;102(27):9673-8.

119. Damoiseaux JS, Rombouts SA, Barkhof F, Scheltens P, Stam CJ, Smith SM, et al. Consistent resting-state networks across healthy subjects. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006;103(37):13848-53.

120. Long XY, Zuo XN, Kiviniemi V, Yang Y, Zou QH, Zhu CZ, et al. Default mode network as revealed with multiple methods for resting-state functional MRI analysis. J Neurosci Methods. 2008;171(2):349-55.

121. Choe AS, Jones CK, Joel SE, Muschelli J, Belegu V, Caffo BS, et al. Reproducibility and Temporal Structure in Weekly Resting-State fMRI over a Period of 3.5 Years. PLoS One. 2015;10(10):e0140134.

122. Maus B, van Breukelen GJ. Optimal design for functional magnetic resonance imaging experiments. Zeitschrift für Psychologie. 2015.

123. Huettel SA. Event-related fMRI in cognition. Neuroimage. 2012;62(2):1152-6.

124. Liu TT. The development of event-related fMRI designs. Neuroimage. 2012;62(2):1157-62.

125. Petersen SE, Dubis JW. The mixed block/event-related design. Neuroimage. 2012;62(2):1177-84.

126. Visscher KM, Miezin FM, Kelly JE, Buckner RL, Donaldson DI, McAvoy MP, et al. Mixed blocked/event-related designs separate transient and sustained activity in fMRI. Neuroimage. 2003;19(4):1694-708.

127. Arco JE, González-García C, Díaz-Gutiérrez P, Ramírez J, Ruz M. Influence of activation pattern estimates and statistical significance tests in fMRI decoding analysis. J Neurosci Methods. 2018;308:248-60.

128. Logothetis NK. What we can do and what we cannot do with fMRI. Nature. 2008;453(7197):869-78.

129. Tingley D. Neurological imaging as evidence in political science: a review, critique, and guiding assessment. Social Science Information. 2006;45(1):5-33.

130. Laatsch L, Thulborn K, Krisky C, Shobat D, Sweeney J. Investigating the neurobiological basis of cognitive rehabilitation therapy with fMRI. Brain Injury. 2004;18(10):957-74.

131. Johansen-Berg H, Dawes H, Guy C, Smith SM, Wade DT, Matthews PM. Correlation between motor improvements and altered fMRI activity after rehabilitative therapy. Brain. 2002;125(12):2731-42.

132. Johansson BB, Grabowski M. Functional recovery after brain infarction: plasticity and neural transplantation. Brain Pathol. 1994;4(1):85-95.

133. Guzzetta A, Staudt M, Petacchi E, Ehlers J, Erb M, Wilke M, et al. Brain representation of active and passive hand movements in children. Pediatr Res. 2007;61(4):485-90.

134. Le Berre M, Guyot MA, Agnani O, Bourdeauducq I, Versyp MC, Donze C, et al. Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2017;26(6):1638-44.

135. Park BS, Kim MY, Lee LK, Yang SM, Lee WD, Noh JW, et al. Effects of conventional overground gait training and a gait trainer with partial body weight support on spatiotemporal gait parameters of patients after stroke. J Phys Ther Sci. 2015;27(5):1603-7.

136. Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. Spine (Phila Pa 1976). 1984;9(2):106-19.

137. Schreiber S, Parent EC, Moez EK, Hedden DM, Hill D, Moreau MJ, et al. The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis-an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: "SOSORT 2015 Award Winner". Scoliosis. 2015;10:24.

138. Latimer J, Maher CG, Refshauge K, Colaco I. The reliability and validity of the Biering-Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 1999;24(20):2085-9; discussion 90.

139. Coorevits P, Danneels L, Cambier D, Ramon H, Vanderstraeten G. Assessment of the validity of the Biering-Sørensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles. J Electromyogr Kinesiol. 2008;18(6):997-1005.

140. McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation: Human Kinetics; 2015.

141. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1999;80(8):941-4.

142. Sanders JO, Polly DW, Jr., Cats-Baril W, Jones J, Lenke LG, O'Brien MF, et al. Analysis of patient and parent assessment of deformity in idiopathic scoliosis using the Walter Reed Visual Assessment Scale. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(18):2158-63.

143. Pineda S, Bago J, Gilperez C, Climent JM. Validity of the Walter Reed Visual Assessment Scale to measure subjective perception of spine deformity in patients with idiopathic scoliosis. Scoliosis. 2006;1:18.

144. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B. The reliability and concurrent validity of the scoliosis research society-22 patient questionnaire for idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(1):63-9.

145. Asher M, Lai SM, Burton D, Manna B. The influence of spine and trunk deformity on preoperative idiopathic scoliosis patients' health-related quality of life questionnaire responses. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(8):861-8.

146. Alanay A, Cil A, Berk H, Acaroglu RE, Yazici M, Akcali O, et al. Reliability and validity of adapted Turkish Version of Scoliosis Research Society-22 (SRS-22) questionnaire. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(21):2464-8.

147. Gstoettner M, Sekyra K, Walochnik N, Winter P, Wachter R, Bach CM. Inter- and intraobserver reliability assessment of the Cobb angle: manual versus digital measurement tools. Eur Spine J. 2007;16(10):1587-92.

148. Wang WW, Xia CW, Zhu F, Zhu ZZ, Wang B, Wang SF, et al. Correlation of Risser sign, radiographs of hand and wrist with the histological grade of iliac crest apophysis in girls with adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(17):1849-54.

149. Reem J, Carney J, Stanley M, Cassidy J. Risser sign inter-rater and intra-rater agreement: is the Risser sign reliable? Skeletal Radiol. 2009;38(4):371-5.

150. Shuren N, Kasser JR, Emans JB, Rand F. Reevaluation of the use of the Risser sign in idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1992;17(3):359-61.

151. Akbar M, Terran J, Ames CP, Lafage V, Schwab F. Use of Surgimap Spine in sagittal plane analysis, osteotomy planning, and correction calculation. Neurosurg Clin N Am. 2013;24(2):163-72.

152. Trobisch PD, Samdani AF, Pahys JM, Cahill PJ. Postoperative trunk shift in Lenke 1 and 2 curves: how common is it? and analysis of risk factors. Eur Spine J. 2011;20(7):1137-40.

153. Lewis SJ, Keshen SG, Kato S, Dear TE, Gazendam AM. Risk Factors for Postoperative Coronal Balance in Adult Spinal Deformity Surgery. Global Spine J. 2018;8(7):690-7.

154. Yang S, Jones-Quaidoo SM, Eager M, Griffin JW, Reddi V, Novicoff W, et al. Right adolescent idiopathic thoracic curve (Lenke 1 A and B): does cost of instrumentation and implant density improve radiographic and cosmetic parameters? Eur Spine J. 2011;20(7):1039-47.

155. Osebold WR, Mayfield JK, Winter RB, Moe JH. Surgical treatment of paralytic scoliosis associated with myelomeningocele. J Bone Joint Surg Am. 1982;64(6):841-56.

156. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia. 1971;9(1):97-113.

157. UYSAL SA, EKİNCİ Y, ÇOBAN F, YAKUT Y. Edinburgh el tercihi anketi Türkçe güvenirliğinin araştırılması. JETR. 2019;6(2):112-8.

158. Cheng JC, Chau WW, Guo X, Chan YL. Redefining the magnetic resonance imaging reference level for the cerebellar tonsil: a study of 170 adolescents with normal versus idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(8):815-8.

159. Cheng JC, Guo X, Sher AH, Chan YL, Metreweli C. Correlation between curve severity, somatosensory evoked potentials, and magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1999;24(16):1679-84.

160. Cheng JC, Guo X, Sher AH. Posterior tibial nerve somatosensory cortical evoked potentials in adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(3):332-7.

161. Chu WC, Lam WM, Ng BK, Tze-Ping L, Lee KM, Guo X, et al. Relative shortening and functional tethering of spinal cord in adolescent scoliosis - Result of asynchronous neuro-osseous growth, summary of an electronic focus group debate of the IBSE. Scoliosis. 2008;3:8.

162. Tanji J. The supplementary motor area in the cerebral cortex. Neurosci Res. 1994;19(3):251-68.

163. Deiber MP, Honda M, Ibañez V, Sadato N, Hallett M. Mesial motor areas in self-initiated versus externally triggered movements examined with fMRI: effect of movement type and rate. J Neurophysiol. 1999;81(6):3065-77.

164. McIntire KL, Asher MA, Burton DC, Liu W. Trunk rotational strength asymmetry in adolescents with idiopathic scoliosis: an observational study. Scoliosis. 2007;2:9.

165. Shin S-S, Woo Y-K. Characteristics of sitting balance and trunk muscle endurance in patients with adolescent idiopathic scoliosis. Phys Ther Korea. 2007;14(4):35-43.

166. Danielsson AJ, Romberg K, Nachemson AL. Spinal range of motion, muscle endurance, and back pain and function at least 20 years after fusion or brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(3):275-83.

167. Pikulska D, Kozinoga M, Janusz P, Kotwicki T. Back muscle function in adolescent girls treated with a rigid brace for idiopathic scoliosis: no impact of 6-month brace wear on muscle strength or endurance. Stud Health Technol Inform. 2021;280:168-73.

168. Zamecnik J, Krskova L, Hacek J, Stetkarova I, Krbec M. Etiopathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: Expression of melatonin receptors 1A/1B, calmodulin and estrogen receptor 2 in deep paravertebral muscles revisited. Mol Med Rep. 2016;14(6):5719-24.

169. Schizas CG, Kramers-de Quervain IA, Stüssi E, Grob D. Gait asymmetries in patients with idiopathic scoliosis using vertical forces measurement only. Eur Spine J. 1998;7(2):95-8.

170. Yang JH, Suh SW, Sung PS, Park WH. Asymmetrical gait in adolescents with idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2013;22(11):2407-13.

171. Syczewska M, Graff K, Kalinowska M, Szczerbik E, Domaniecki J. Influence of the structural deformity of the spine on the gait pathology in scoliotic patients. Gait Posture. 2012;35(2):209-13.

172. Daryabor A, Arazpour M, Sharifi G, Bani MA, Aboutorabi A, Golchin N. Gait and energy consumption in adolescent idiopathic scoliosis: A literature review. Ann Phys Rehabil Med. 2017;60(2):107-16.

173. Kim DS, Park SH, Goh TS, Son SM, Lee JS. A meta-analysis of gait in adolescent idiopathic scoliosis. J Clin Neurosci. 2020;81:196-200.

174. Bortone I, Piazzolla A, Buongiorno D, Bizzoca D, Fiore P, Bevilacqua V, et al., editors. Influence of clinical features of the spine on Gait Analysis in adolescent with idiopathic scoliosis. 2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA); 2020: IEEE.

175. Paul JC, Patel A, Bianco K, Godwin E, Naziri Q, Maier S, et al. Gait stability improvement after fusion surgery for adolescent idiopathic scoliosis is influenced by corrective measures in coronal and sagittal planes. Gait Posture. 2014;40(4):510-5.

176. Simon AL, Ilharreborde B, Souchet P, Kaufman KR. Dynamic balance assessment during gait in spinal pathologies - a literature review. Orthop Traumatol Surg Res. 2015;101(2):235-46.

177. Kramers-de Quervain IA, Müller R, Stacoff A, Grob D, Stüssi E. Gait analysis in patients with idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 2004;13(5):449-56.

178. England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. Gait Posture. 2007;25(2):172-8.

179. Wank V, Frick U, Schmidtbleicher D. Kinematics and electromyography of lower limb muscles in overground and treadmill running. Int J Sports Med. 1998;19(7):455-61.

180. Sarwahi V, Boachie-Adjei O, Backus SI, Taira G. Characterization of gait function in patients with postsurgical sagittal (flatback) deformity: a prospective study of 21 patients. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(21):2328-37.

181. Yamada K, Ikata T, Yamamoto H, Nakagawa Y, Tanaka H. Equilibrium function in scoliosis and active corrective plaster jacket for the treatment. Tokushima J Exp Med. 1969;16(1):1-7.

182. Herman R, Mixon J, Fisher A, Maulucci R, Stuyck J. Idiopathic scoliosis and the central nervous system: a motor control problem. The Harrington lecture, 1983. Scoliosis Research Society. Spine (Phila Pa 1976). 1985;10(1):1-14.

183. Byl NN, Gray JM. Complex balance reactions in different sensory conditions: adolescents with and without idiopathic scoliosis. J Orthop Res. 1993;11(2):215-27.

184. Yekutiel M, Robin GC, Yarom R. Proprioceptive function in children with adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 1981;6(6):560-6.

185. Schneider E, Niethard FU, Schiek H, Carstens C, Pfeil J. [How idiopathic is idiopathic scoliosis? Results of neurological studies with somatosensory evoked potentials (SSEP) in children and adolescents]. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1991;129(4):355-61.

186. Hausmann ON, Böni T, Pfirrmann CW, Curt A, Min K. Preoperative radiological and electrophysiological evaluation in 100 adolescent idiopathic scoliosis patients. Eur Spine J. 2003;12(5):501-6.

187. Guo X, Chau WW, Hui-Chan CW, Cheung CS, Tsang WW, Cheng JC. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(14):E437-40.

188. McInnes E, Hill DL, Raso VJ, Chetner B, Greenhill BJ, Moreau MJ. Vibratory response in adolescents who have idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 1991;73(8):1208-12.

189. Asher M, Min Lai S, Burton D, Manna B. Discrimination validity of the scoliosis research society-22 patient questionnaire: relationship to idiopathic scoliosis curve pattern and curve size. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(1):74-8.

190. Bago J, Climent JM, Pineda S, Gilperez C. Further evaluation of the Walter Reed Visual Assessment Scale: correlation with curve pattern and radiological deformity. Scoliosis. 2007;2:12.

191. Bago J, Sanchez-Raya J, Perez-Grueso FJ, Climent JM. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. Scoliosis. 2010;5:6.

192. Hashimoto H, Sase T, Arai Y, Maruyama T, Isobe K, Shouno Y. Validation of a Japanese version of the Scoliosis Research Society-22 Patient Questionnaire among idiopathic scoliosis patients in Japan. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(4):E141-6.

193. Li J, Tseng C, Yuan Y, Jiang D, Qian Z, Hu Z, et al. Determining the association between the radiographic parameters and the SRS-22 scores in Chinese female patients with adolescent idiopathic scoliosis: does curve pattern matter? Br J Neurosurg. 2021:1-7.

194. Arai S, Ohtsuka Y, Moriya H, Kitahara H, Minami S. Scoliosis associated with syringomyelia. Spine (Phila Pa 1976). 1993;18(12):1591-2.

195. Gupta P, Lenke LG, Bridwell KH. Incidence of neural axis abnormalities in infantile and juvenile patients with spinal deformity. Is a magnetic resonance image screening necessary? Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(2):206-10.

196. Isu T, Chono Y, Iwasaki Y, Koyanagi I, Akino M, Abe H, et al. Scoliosis associated with syringomyelia presenting in children. Childs Nerv Syst. 1992;8(2):97-100.

197. Williams BA, McClung A, Blakemore LC, Shah SA, Pawelek JB, Sponseller PD, et al. MRI utilization and rates of abnormal pretreatment MRI findings in early-onset scoliosis: review of a global cohort. Spine Deform. 2020;8(5):1099-107.

198. Ramírez N, Olivella G, Cuneo A, Carrazana L, Ramírez N, Iriarte I. Prevalence and clinical relevance of underlying pathological conditions in painful adolescent idiopathic scoliosis: a MRI-based study. Spine Deform. 2020;8(4):663-8.

199. Tuna F, Tuna H. The rate of intraspinal problems and clinical evaluation of scoliosis: A cross-sectional, descriptive study. Turk J Phys Med Rehabil. 2020;66(3):329-35.

8. EKLER

Ek 1. Etik Kurul Onayı

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
İL SAĞLIK MÜDÜRLÜĞÜ
Ankara Şehir Hastanesi
1 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı

Sayı : E.Kurul –E1-20-1021

1021-no'lu çalışma

Ankara Şehir Hastanesi Romatoloji Kliniği'nde yapılması planlanan "İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi" konulu çalışma incelenmiş olup, Etik açıdan oy birliğiyle uygun görülmüştür.

19/08/2020

Prof. Dr. Hürrem Bodur
Etik Kurul Başkanı

Etik Kurul Sekreterliği Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 Çankaya/Ankara İrtibat; Etik Kurul EKadıoğlu

Tel: 0 (312) 552 66 00

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi
PlaticeritVARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐

	Belge Adı		Açıklama
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	SİGORTA	☐	
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐	
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐	
	İLAN	☐	
	YILLIK BİLDİRİM	☐	
	SONUÇ RAPORU	☐	
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐	
	DİĞER:	☐	

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No: E1/1021/2020**	**Tarih: 19.08.2020**
	Yukarıda bilgileri verilen Ankara Şehir Hastanesi Romatoloji Kliniği'nden Uzm. Dr. Hakan Apaydın sorumluluğunda yapılması planlanan ve Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın'ın tezi olan "**İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi**" isimli klinik araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Hürrem BODUR
İmza:

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi
PlaticritVARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

	ETİK KURULUN ADI	Ankara Şehir Hastanesi 1 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Etik Kurul Sekreterliği Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 Çankaya/Ankara
	TELEFON	0312 552 66 00
	FAKS	0312 552 99 82
	E-POSTA	ankarash.etikkurul@sağlıkgov.tr

BİLGİLERİ BAŞVURU TÜRÜ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Uzm. Dr. Hakan Apaydın			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Romatoloji			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Şehir Hastanesi			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	-			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	-			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	-			
	ARAŞTIRMANIN FAZI VE TÜRÜ	FAZ 1	☐		
		FAZ 2	☐		
		FAZ 3	☐		
		FAZ 4	☐		
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐		
		İlaç dışı klinik araştırma	☐		
		Diğer ise belirtiniz:Analitik Çalışma			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ ☒	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Hürrem BODUR
İmza:

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi
PlaticritVARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	**Prof. Dr. Hürrem BODUR**

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Hürrem BODUR	Enf. Hast.ve Kl. Mikrobiyoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☒	H☐	
Prof. Dr. Süreyya BARUN	Tıbbi Farmakoloji	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Prof. Dr. Doğan UNCU	Tıbbi Onkoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☒	H☐	
Prof. Dr. Mehmet Numan ALP	Göz Hastalıkları	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☐	H☐	
Doç. Dr. Mehmet Salih KAYA	Fizyoloji	AnkaraYıldırım Beyazıt Üniversitesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☐	H☐	
Doç. Dr. Ertekin Utku ÜNAL	Kalp Damar Cerrahisi	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☒	H☐	
Doç. Dr. Afşin Emre KAYIPMAZ	Acil Tıp	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☐	H☐	
Doç. Dr. Hatice SELÇUK	Kardiyoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Doç. Dr. Seyhan YAĞAR	Anestezi ve Reanimasyon	Ankara Şehir Hastanesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Doç. Dr. Berrak Gümüşkaya ÖCAL	Patoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Doç. Dr. Birol KORUKLUOĞLU	Genel Cerrahi	Ankara Şehir Hastanesi	E☒	K☐	E☐	H☒	E☒	H☐	
Doç. Dr. Hesna BEKTAŞ	Nöroloji	Ankara Şehir Hastanesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Uzm. Dr. Dilek KANYILMAZ	Halk Sağlığı	Ankara Şehir Hastanesi	E☐	K☒	E☐	H☒	E☒	H☐	
Avukat İsmail BAŞDAŞ	Hukuk	Ankara Barosu	E☒	K☐	E☐	H☒	E☐	H☐	
Çiğdem KOCAMAN	Mühendis	işletmeci	E☐	K☒	E☐	H☒	E☐	H☐	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Hürrem BODUR
İmza:

Ek 2. Olgu Rapor Formu

OLGU RAPOR FORMU

Katılımcı No: **Tarih:**

1- Demografik Özellikler

Cinsiyet	Yaş	Boy	Kilo	Tedavi	Spor	Ağrı
				Egz Korse	+ -	+ - VAS:

2- Skolyoza ait özellikler

Cobb	Apex	Eğri paterni	Risser	ATR
LTS:	CB:	Pelvik asimetri:	Biakromial asimetri:	

3- Gövde Endurans

Fleksör	Ekstansör	Sağ lateral	Sol lateral

4- Yürüme Analizi

Walking speed	Step cycle	Step length	Cadence	Time-foot	İndex
		Sol: Sağ:		Sol: Sağ:	

5- Statik Denge

Tandem- sağ	Tandem-sol	Tek ayak- sağ	Tek ayak-sol

6- Dinamik Denge/ Propriosepsiyon

Mesafe	Rotasyon miktarı

7- Kozmetik Deformite

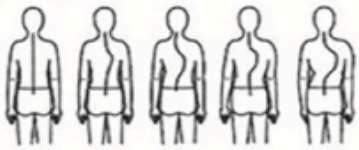
WRVAS puanı

8- Fonksiyonel MRG sonuçları

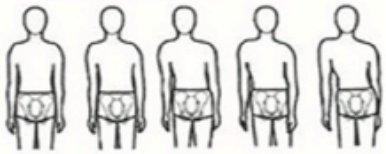
fMRG	**Sonuçlar**

9- SRS-22:

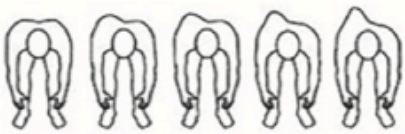
Vücut Eğrisi



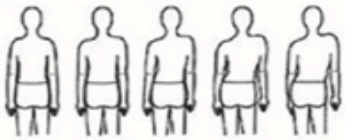
Baş – Leğen Kemiği



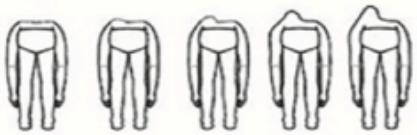
Kaburga Çıkıntısı



Omuz Seviyesi

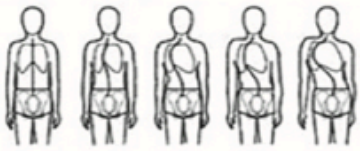


Bel Çıkıntısı



Kürek Kemiği Dönmesi

Baş – Kaburgalar – Leğen Kemiği



SRS-22 ANKETİ

Bu ankette sırtınızın ve belinizin şu andaki durumunu değerlendirmek istiyoruz. Bu nedenle bu soruları kendinizin yanıtlaması bizim için çok önemli. Lütfen tüm sorularda kendinize en uygun olan cevabı daire içine alınız.

1. Aşağıdaki cevaplardan hangisi geçtiğimiz 6 ay süresince sizin yaşadığınız ağrıyı en iyi şekilde tarif eder?
□Hiç □Hafif □Orta □Orta-Şiddetli □ Şiddetli

2. Aşağıdaki cevaplardan hangisi geçtiğimiz 1 ay süresince sizin yaşadığınız ağrıyı en iyi şekilde tarif eder?
□ Hiç □Hafif □Orta □ Orta-Şiddetli □ Şiddetli

3. Son 6 ay boyunca çok sinirli bir kişi miydiniz?
□Hiçbir zaman □Çok nadir □Bazen □Çoğu zaman □Her zaman

4. Eğer hayatınızın geri kalanını sırtınızın şu andaki şekli ile geçirecek olsanız, bu konuda kendinizi nasıl hissederdiniz?
□Çok mutlu □Mutlu □mutlu ne de mutsuz
□Mutsuz □Çok mutsuz

5. Şu anda ne kadar hareket edebiliyorsunuz?
□Yatağa/ Tekerlekli sandalyeye bağlı olarak
□Tek başıma hareket edemiyorum
□Hafif işler, ev işleri yapabiliyorum
□Orta ağırlıkta işler ve yürüyüş, bisiklet sürme gibi hafif sporlar yapabiliyorum
□Hiçbir kısıtlama olmaksızın her hareketi yapabiliyorum

6. Kıyafetinizin içinde kendinizin nasıl göründüğünü düşünüyorsunuz?
□Çok güzel □ Güzel □Orta güzellikte □Kötü □Çok kötü

7. Son 6 ay içerisinde hiçbir şeyin sizi neşelendiremeyeceği kadar moraliniz bozuk oldu mu?
□Çok sık □ Sık □Arada sırada □ Çok ender □Hiçbir zaman

8. İstirahat sırasında bel veya sırt ağrınız oluyor mu?
□Çok sık □Sık □Arada sırada □Çok ender □Hiçbir zaman

9. Şu anda iş ya da okulda ne kadar hareket edebildiğinizi düşünüyorsunuz?
□%100 normal hareket ediyorum
□ %75 normal hareket ediyorum
□%50 normal hareket ediyorum
□%25 normal hareket ediyorum
□ %0 normal hareket ediyorum

10. Aşağıdaki cevaplardan hangisi gövdenizin görünüşünü en iyi şekilde tarif eder?
□Çok güzel □Güzel □Orta güzellikte □Kötü □Çok kötü

11. Aşağıdakilerden hangisi beliniz veya sırtınız için kullandığınız ilaçları en iyi şekilde tarif eder?
□Hiç ilaç kullanmıyorum
□Uyuşturucu özelliği olmayan ağrı kesicileri haftada bir veya daha az kullanıyorum. (Örn: Aspirin, Novalgin, Parol, Voltaren, Apranax, Naprosyn, Viox)
□Uyuşturucu özelliği olmayan ağrı kesicileri günlük kullanıyorum.
□Uyuşturucu özelliği olan ağrı kesicileri haftada bir veya daha az kullanıyorum. (Örn: Morfin, Dolantin)
□Uyuşturucu özelliği olan ağrı kesicileri günlük olarak kullanıyorum.

12. Beliniz veya sırtınızdaki problem ev içinde yaptığınız işlere engel oluyor mu?
□Hiçbir zaman □Çok ender □Arada sırada □Nadiren □Çoğu zaman

13. Son 6 ay boyunca kendinizi ne kadar süre sakin ve huzurlu hissettiniz?
□ Her zaman □Çoğu zaman □Bazen □Çok ender □Hiçbir zaman

14. Beliniz veya sırtınızın durumunun başka insanlarla olan ilişkilerinizi etkilediğini düşünüyor musunuz?
□Etkilemiyor □Biraz etkiliyor □Orta derecede etkiliyor □Sıklıkla etkiliyor □Çok fazla etkiliyor

15. Beliniz veya sırtınızdaki problem ailenizin ekonomik sıkıntılar çekmesine neden oluyor mu?
Bu problem ailemin ekonomik sıkıntılar çekmesine:

□Çok fazla neden oluyor
□Sıklıkla neden oluyor
□Orta derecede etkiliyor
□Biraz etkiliyor
□Hiç etkilemiyor

16. Son 6 ay içerisinde kendinizi hiç mutsuz ve kederli hissettiniz mi?
□Hiçbir zaman □Çok ender □Arada sırada □Sık sık □Çok sık

17. Son 3 ay içinde işten/ okuldan hiç sırt/ bel ağrısı nedeniyle izin aldınız mı? Eğer aldıysanız kaç gün?

□0 gün aldım (hiç almadım)
□1 gün aldım
□ 2 gün aldım
□3 gün aldım
□4 veya daha fazla gün aldım

18. Beliniz veya sırtınızın durumu, arkadaşlarınız ya da ailenizle dışarı çıkmanızı kısıtlıyor mu?

□Hiçbir zaman □Çok ender □Arada sırada □Sık sık □Çok sık

19. Beliniz veya sırtınızın şu anki haliyle kendinizi çekici buluyor musunuz?

□Evet, kendimi çok çekici buluyorum
□Evet, kendimi oldukça çekici buluyorum
□Ne çekici ne değilim
□Hayır, pek fazla değilim
□Hayır, kendimi hiç çekici bulmuyorum

20. Son 6 ay içinde mutlu bir insan mıydınız?

□Hiçbir zaman □ Çok ender □Bazen
□Çoğu zaman □Her zaman

21. Bel veya sırt ağrınıza uygulanan tedavinin sonucundan tatmin oldunuz mu?

□Çok memnun kaldım
□Memnun kaldım
□Ne memnunum, ne de değilim
□Biraz hayal kırıklığı oldu
□Tamamen hayal kırıklığı oldu

22. Şu anki değerlendirmeniz sonucunda, aynı hastalık için size yine aynı tedavi önerilseydi kabul eder miydiniz?

□ Kesinlikle evet
□Muhtemelen evet
□Emin değilim
□Muhtemelen etmezdim
□Kesinlikle etmezdim

Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Aydınlatılmış Onam Formu

"İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi" Adlı Doktora Tez Çalışması İçin Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu (Skolyozlu Bireyler-Ebeveyn)

Omurga eğriliği (skolyoz) şikâyetiyle başvuran bireyler üzerine bir araştırma yapmaktayız.

Omurga eğriliğinin beyinde meydana getirdiği değişiklikler ile ilgili bilgiler bulunmaktadır ancak bu değişikliği neden olabilecek faktörler hakkında bilgimiz yok. Bunları öğrenirsek hem sizin çocuğunuzun hem de bu hastalığınıza sahip diğer hastaları daha iyi tedavi edebiliriz.

Bu şikayet kapsamında uygulanabilecek tedavi yöntemleri, eğriliğin şiddetine göre egzersiz tedavisi ve gerekli durumlarda korse tedavisi şeklindedir. Çalışmada skolyoz grubumuz ve sağlıklı bireyler bulunmaktadır. Omurga eğriliği için baktığımız birtakım rutin değerlendirmeler yapılacaktır. Aynı zamanda bir defa radyoloji uzmanı ve bu alanda deneyimli tekniker tarafından fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) ile değerlendirileceksiniz. Araştırma kapsamda herhangi bir sorumluluğunuz bulunmamaktadır.

Eğer çocuğunuzun araştırmaya katılmasını kabul ederseniz Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın tarafından Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Uygulama, Eğitim ve Araştırma Klinikleri ile Ankara Şehir Hastanesi'nde değerlendirileceksiniz ve bulgularınız kaydedilecektir, yapılacak değerlendirmeler herhangi bir risk içermemektedir, Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın değerlendirme boyunca güvenliğiniz için yanınızda bulunacaktır. Yine izniniz doğrultusunda bu çalışmayı yapabilmek için yaş, boy, kilo ve skolyoza ait özellikler gibi çocuğunuza ait bilgiler alınacaktır ve bazı ölçümler uygulanacaktır. Tesla Görüntüleme Merkezinde (araştırmacılar ulaşımınızı sağlayacaktır) manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yapılacaktır. Bu işlemler yaklaşık 20 dakika sürecektir. Bu ölçümler çocuğunuz için herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Çalışma kapsamında yalnızca bir kez değerlendireceğiz.

Çalışmaya toplam 20 gönüllü alınması tasarlandı. Çalışma kapsamında yapacağınız yol masrafları, MRG çekim ücretleri araştırmacılar tarafından karşılanacaktır. Ayrıca çalışmaya katılmamayı seçerseniz alacağınız tedavi birbirinin aynısı olacaktır.

Katılımcı Parafı

Peki çalışmada uygulanan tedavilerin bir riski/ zararı var mı? Yapılan değerlendirme yöntemlerinin hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır. Yine de ilgili herhangi bir sorunu Zilan Bazancir Apaydın'a (Telefon No:) 24 saat danışabilirsiniz.

Araştırmaya çocuğunuzun katılımı isteğe bağlıdır ve istediğiniz zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilirsiniz veya araştırmadan çıkabilirsiniz.

Kimliğinizi ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacak, kamuoyuna açıklanmayacak; araştırma sonuçlarının yayımlanması halinde dahi kimliğiniz gizli kalacaktır.

İzleyiciler, yoklama yapan kişiler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık yetkilileri orijinal tıbbi kayıtlarınıza doğrudan erişebilecek, ancak bu bilgileriniz gizli tutulacak, bu formu imzalayarak bu erişime de izin veriyorsunuz.

Çalışmaya katılma isteğinizi değiştirecek yeni bir bilgi öğrenirsek sizi hemen bilgilendireceğiz. Örneğin omurga eğriliği ile ilgili daha iyi bir yöntem bulunursa bunu size hemen söyleyeceğiz.

Çalışma sonuçlarını etkileyecek başka bir sağlık sorununuz ortaya çıkarsa, sizi çalışmadan çıkaracağız, tedavinizi ise sürdüreceğiz.

Katılımcı Parafı:

Yukarıdaki açıklamaları okudum. Bana yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı. Araştırmaya çocuğumun gönüllü olarak katıldığını, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğini biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Tarih: __/__/2020

Katılımcı Adı, soyadı: Adres: Tel. İmza	**Görüşme tanığı** Adı, soyadı: Adres: Tel. İmza:
Katılımcı ile görüşen araştırmacı Adı soyadı, unvanı: Adres: Tel. İmza	

Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Çocuk Rıza Formu

Omurga eğliği (skolyoz) ile ilişkili beyin aktivitesindeki değişiklikleri inceleyen bir araştırma yapıyoruz. Amacımız omurga eğriliği olan bireylerin beyninde meydana gelen değişiklikleri öğrenmektir. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Bu araştırmaya katılmanı öneriyoruz.

Araştırma bir uzman doktor, bir fizyoterapi ve rehabilitasyon profesörü ve bir uzman fizyoterapist tarafından yapılıyor. Bu araştırmaya katılacak olursan senden bazı kişisel bilgileri alacağız, omurga eğriliği problemi ile ilgili formlar doldurmanı isteyeceğiz, beyin aktiviteni değerlendiren bir görüntüleme ölçümü yapacağız. Bu

değerlendirmeler rutin tedavinden önce yapılacaktır ve tedavinde herhangi bir aksama olmayacaktır.

Bu araştırmanın sonuçları senin gibi omurga eğriliği olan çocuklar için yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırmanın sonuçlarını başka meslektaşlarımıza da söyleyeceğiz, sonuçları bildireceğiz ama senin adını söylemeyeceğiz.

Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin. Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlı. Kabul etmediğin durumda da doktorun ve fizyoterapistlerin değerlendirme ve diğer işlemlerde sana önceden olduğu gibi iyi davranır, önceye göre farklılık olmaz.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzanı at. İmzaladıktan sonra sana ve ailene bu formun bir kopyası verilecektir.

Çocuğun adı, soyadı:
Çocuğun imzası:
Tarih:

Velisinin adı, soyadı:
Velisinin imzası:
Tarih:

Araştırıcının adı, soyadı, unvanı: Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın
Adres:
Tel:
İmza:
Tarih:

“İdiyopatik Skolyozda Kortikal Değişiklikleri Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi” Adlı Doktora Tez Çalışması İçin Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu (Sağlıklı Bireyler- Ebeveyn)

Omurga eğriliği (skolyoz) şikâyetiyle başvuran bireyler üzerine bir araştırma yapmaktayız.

Omurga eğriliğinin beyinde meydana getirdiği değişiklikler ile ilgili bilgiler bulunmaktadır ancak bu değişikliği neden olabilecek faktörler hakkında bilgimiz yok. Bunları öğrenirsek bu hastalığa sahip diğer hastaları daha iyi tedavi edebiliriz.

Çalışmada skolyoz grubumuz ve sağlıklı bireyler bulunmaktadır. Sizin çocuğunuza baktığımız birtakım fiziksel değerlendirmeler (denge, yürüyüş, kas dayanıklığı gibi) yapılacaktır. Aynı zamanda bir defa radyoloji uzmanı ve bu alanda deneyimli tekniker tarafından fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) ile değerlendirileceksiniz. Araştırma kapsamda herhangi bir sorumluluğunuz bulunmamaktadır.

Eğer çocuğunuzun araştırmaya katılmasını kabul ederseniz Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın tarafından Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Uygulama, Eğitim ve Araştırma Klinikleri ile Ankara Şehir Hastanesi’nde değerlendirileceksiniz ve bulgularınız kaydedilecektir, yapılacak değerlendirmeler herhangi bir risk içermemektedir, Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın değerlendirme boyunca güvenliğiniz için yanınızda bulunacaktır. Yine izniniz doğrultusunda bu çalışmayı yapabilmek için yaş, boy, kilo gibi çocuğunuza ait bilgiler alınacaktır ve bazı ölçümler uygulanacaktır. Tesla Görüntüleme Merkezinde (araştırmacılar ulaşımınızı sağlayacaktır) manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yapılacaktır. Bu işlemler yaklaşık 20 dakika sürecektir. Bu ölçümler çocuğunuz için herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Çalışma kapsamında yalnızca bir kez değerlendireceğiz.

Çalışmaya toplam 20 gönüllü alınması tasarlandı. Çalışma kapsamında yapacağınız yol masrafları, MRG çekim ücretleri araştırmacılar tarafından karşılanacaktır. Ayrıca çalışmaya katılmamayı seçerseniz alacağınız tedavi birbirinin aynısı olacaktır.

Katılımcı Parafı

Peki çalışmada uygulanan tedavilerin bir riski/ zararı var mı? Yapılan değerlendirme yöntemlerinin hiçbir yan etkisi bulunmamaktadır. Yine de ilgili herhangi bir sorunu Zilan Bazancir Apaydın’a (Telefon No:) 24 saat danışabilirsiniz.

Araştırmaya çocuğunuzun katılımı isteğe bağlıdır ve istediğiniz zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilirsiniz veya araştırmadan çıkabilirsiniz.

Kimliğinizi ortaya çıkaracak kayıtlar gizli tutulacak, kamuoyuna açıklanmayacak; araştırma sonuçlarının yayımlanması halinde dahi kimliğiniz gizli kalacaktır.

İzleyiciler, yoklama yapan kişiler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık yetkilileri orijinal tıbbi kayıtlarınıza doğrudan erişebilecek, ancak bu bilgileriniz gizli tutulacak, bu formu imzalayarak bu erişime de izin veriyorsunuz. Çalışma sonuçlarını etkileyecek başka bir sağlık sorununuz ortaya çıkarsa, sizi çalışmadan çıkaracağız.

Katılımcı Parafı:

Yukarıdaki açıklamaları okudum. Bana yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı. Araştırmaya çocuğumun gönüllü olarak katıldığını, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğini biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Tarih: __/__/2020

Katılımcı Adı, soyadı: Adres: Tel. İmza	**Görüşme tanığı** Adı, soyadı: Adres: Tel. İmza:
Katılımcı ile görüşen araştırmacı Adı soyadı, unvanı: Adres: Tel. İmza	

Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Çocuk Rıza Formu

Omurga eğliği (skolyoz) ile ilişkili beyin aktivitesindeki değişiklikleri inceleyen bir araştırma yapıyoruz. Amacımız omurga eğriliği olan bireylerin beyninde meydana gelen değişiklikleri öğrenmektir. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Bu araştırmaya katılmanı öneriyoruz.

Araştırma bir uzman doktor, bir fizyoterapi ve rehabilitasyon profesörü ve bir uzman fizyoterapist tarafından yapılıyor. Bu araştırmaya katılacak olursan senden bazı kişisel bilgileri alacağız, bazı formlar doldurmanı isteyeceğiz, beyin aktiviteni değerlendiren bir görüntüleme ölçümü yapacağız. Bu araştırmanın sonuçları omurga eğriliği olan çocuklar için yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırmanın sonuçlarını başka meslektaşlarımıza da söyleyeceğiz, sonuçları bildireceğiz ama senin adını söylemeyeceğiz.

Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin. Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlı. Kabul etmediğin durumda da doktorun ve fizyoterapistlerin

değerlendirme ve diğer işlemlerde sana önceden olduğu gibi iyi davranır, önceye göre farklılık olmaz.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzanı at. İmzaladıktan sonra sana ve ailene bu formun bir kopyası verilecektir.

Çocuğun adı, soyadı:
Çocuğun imzası:
Tarih:

Velisinin adı, soyadı:
Velisinin imzası:
Tarih:

Araştırıcının adı, soyadı, unvanı: Uzm. Fzt. Zilan Bazancir Apaydın
Adres:
Tel:
İmza:
Tarih:

Ek 3. Orjinallik Ekran Çıktısı

İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

ORİJİNALLİK RAPORU

%6	%6	%1	%1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	dspace.gazi.edu.tr İnternet Kaynağı	%2
2	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%2
3	9lib.net İnternet Kaynağı	%1
4	abakus.inonu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
5	abis-files.akdeniz.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
7	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to Bahcesehir University Öğrenci Ödevi	<%1
9	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	<%1

Ek 4. Dijital Makbuz

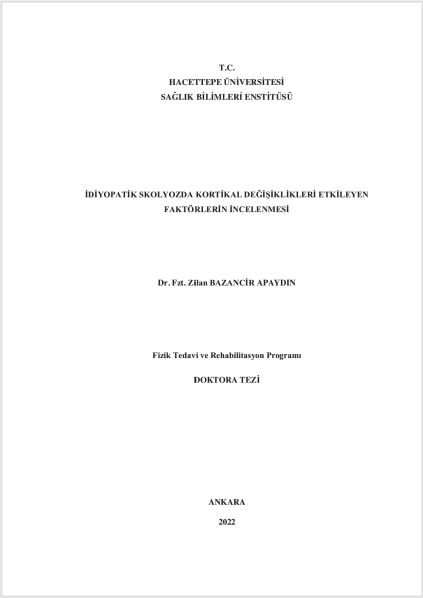
turnitin

Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Zi□lan Bazanci□r Apaydin
Ödev başlığı:	Dr-2
Gönderi Başlığı:	İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYE...
Dosya adı:	Zilan_Bazancir_Dr_tez.docx
Dosya boyutu:	5.46M
Sayfa sayısı:	71
Word count:	14,337
Karakter sayısı:	99,900
Gönderim Tarihi:	03-Şub-2022 04:12ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	1754110713



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İDİYOPATİK SKOLYOZDA KORTİKAL DEĞİŞİKLİKLERİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Dr. Fzt. Zilan BAZANCİR APAYDIN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı

DOKTORA TEZİ

ANKARA
2022

Copyright 2022 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

9. ÖZGEÇMİŞ